

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Escuela politécnica superior

Departamento de tecnología electrónica



## Análisis de los Sistemas Híbridos

**Autor:** Mónica Domínguez Domínguez

**Profesor:** Vicente Salas Merino

**Fecha:** Febrero 2015

### Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutor, Vicente Salas, por haberme apoyado y ayudado durante la realización de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de la universidad, Raquel, Jesús, Juandi, Juan y Samuel. Por convertir estos años de universidad en unos años muy especiales, y por su gran apoyo.

A Juan, Auro, Abel, Félix y María por estar siempre ahí, su paciencia, su apoyo y hacerme sonreír cada día.

Y por último, y no menos importante a mi familia y hermanos porque sin ellos no habría llegado hasta aquí, porque su gran cariño y confianza en todo momento.

## Indicé

1. Objetivos.....	8
2. Energía solar .....	9
2.1 Energía solar fotovoltaica .....	10
2.1.1 Célula solar .....	11
2.2 Energía solar fotovoltaica en el mundo .....	15
2.3 Energía solar fotovoltaica en España .....	17
2.4 Legislación Fotovoltaica .....	20
3. Autoconsumo fotovoltaico .....	22
3.1 Autoconsumo instantáneo.....	23
3.2 Autoconsumo aislado .....	23
3.3 Autoconsumo por balance neto .....	23
3.4 Legislación autoconsumo.....	24
4. Sistemas fotovoltaicos.....	25
4.1 Sistema fotovoltaico aislado .....	25
4.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a red.....	26
4.3 Sistemas híbridos fotovoltaicos .....	27
5. Desarrollo de la Instalación .....	36
5.1 Ihoga (Versión EDU) .....	36
5.2 Casos Prácticos.....	38
5.2.1 Localización .....	39
5.2.2 Consumo .....	41
5.2.3 Restricciones .....	51
5.2.4 Tipo de optimización.....	52
5.2.5 Estrategia de control.....	53
5.2.6 Datos económicos.....	53
5.2.7 Características de los dispositivos.....	54
6. Casos prácticos .....	55
6.1 Simulación 1: Generador FV + Batería + Inversor .....	55
6.2 Simulación 2: Generador AC + Inversor .....	67
6.3 Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor .....	76



6.4 Simulación 4: Generador FV + Generador AC + Baterías + Inversor .....	87
6.5 Resumen características de los sistemas .....	99
6.6 Comparación .....	100
7. Conclusiones .....	105
8. Bibliografía .....	107
9. ANEXO 1:Datos de las simulaciones obtenidas .....	109
10. ANEXO 2:Calculo del VAN de las simulaciones .....	110
11. ANEXO 3:Fichas técnicas de los componentes de la instalación elegida .....	111

## Indicé ilustraciones

<i>Ilustración 1. Irradiación media diaria en España según zonas climáticas [4]</i> .....	9
<i>Ilustración 2. Funcionamiento de una célula solar [6]</i> .....	11
<i>Ilustración 3. Curva característica del panel fotovoltaico [21]</i> .....	13
<i>Ilustración 4. Asociación de células solares [21]</i> .....	14
<i>Ilustración 5. Evolución de la energía fotovoltaica instalada en el mundo, 2000-2013 [8]</i> .....	15
<i>Ilustración 6. Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España [9]</i> .....	17
<i>Ilustración 7. Producción fotovoltaica en España [9]</i> .....	18
<i>Ilustración 8. Potencia fotovoltaica instalada por comunidades autónomas [9]</i> .....	19
<i>Ilustración 9. Ejemplo autoconsumo fotovoltaico [13]</i> .....	22
<i>Ilustración 10. Sistema fotovoltaico aislado [17]</i> .....	25
<i>Ilustración 11. Sistema fotovoltaico conectado a red [17]</i> .....	26
<i>Ilustración 12. Configuración en corriente continua CC [19]</i> .....	28
<i>Ilustración 13. Configuración en corriente alterna CA [19]</i> .....	29
<i>Ilustración 14. Configuración en corriente alterna CA con generador diésel [19]</i> .....	30
<i>Ilustración 15. Comparación entre CC y AC [20]</i> .....	30
<i>Ilustración 16. Configuración mixta [19]</i> .....	31
<i>Ilustración 17. Sistema híbrido: generador FV + diésel + baterías</i> .....	32
<i>Ilustración 18. Sección transversal de un módulo fotovoltaico [22]</i> .....	32
<i>Ilustración 19. Elementos que pueden componer un sistema híbrido [1]</i> .....	36
<i>Ilustración 20. Localización de la instalación</i> .....	39
<i>Ilustración 21. Gráfica del consumo en invierno</i> .....	49
<i>Ilustración 22. Gráfica del consumo en primavera</i> .....	49
<i>Ilustración 23. Gráfica del consumo en verano</i> .....	50
<i>Ilustración 24. Gráfica del consumo en otoño</i> .....	50
<i>Ilustración 25. Simulación 1: Generador FV + Baterías + Inversor</i> .....	55
<i>Ilustración 26. Simulación de un día de la instalación de la simulación 1, caso 1</i> .....	56
<i>Ilustración 27. Balance de energías de la simulación 1</i> .....	60
<i>Ilustración 28. Simulación de un día de la instalación de la simulación 1</i> .....	61
<i>Ilustración 29. Balance de potencias de la simulación 1</i> .....	62
<i>Ilustración 30. Gráfico de los costes de la simulación 1</i> .....	63
<i>Ilustración 31. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 1 (1)</i> ....	63
<i>Ilustración 32. Ilustración 31. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 1 (2)</i> .....	64
<i>Ilustración 33. Simulación 2: Generador AC + Inversor</i> .....	67
<i>Ilustración 34. Simulación de un día de la instalación de la simulación 2, caso 1</i> .....	68
<i>Ilustración 35. Simulación de un día de la instalación de la simulación 2</i> .....	69
<i>Ilustración 36. Balance de energías de la simulación 2</i> .....	71
<i>Ilustración 37. Balance de potencias de la instalación 2</i> .....	72
<i>Ilustración 38. Generación y consumo del generador AC de la simulación 2</i> .....	72
<i>Ilustración 39. Gráfico de los costes de la simulación 2</i> .....	73
<i>Ilustración 40. Gráficas de la amortización de la instalación y de los equipos de la simulación 2 (1)</i> 73	
<i>Ilustración 41. Gráficas de la amortización de la instalación y de los equipos de la simulación 2 (2)</i> 74	

<i>Ilustración 42. Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor .....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 43. Simulación de un día de la instalación de la simulación 3, caso 1.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 44. Balance de energías de la simulación 3 .....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 45. Simulación de un día de la instalación de la simulación 3.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 46. Balance de potencias de la instalación 3 .....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 47. Generación y consumo del generador Ac de la simulación 3 .....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 48. Gráfico de los costes de la simulación 3 .....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 49. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 3 (1) .....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 50. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 3 (2) ....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 51. Simulación 4: Generador FV + Generador AC + Baterías .....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 52, Simulación de un día de la instalación de la simulación 4, caso 1.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 53. Balance de energías de la simulación 4 .....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 54. Simulación de un día de la instalación de la simulación 4 .....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 55. Balance de potencias de la simulación 4 .....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 56. Generación y consumo del generador AC de la simulación 4 .....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 57. Gráfico de los costes de la simulación 4 .....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 58. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 4 (1) .....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 59. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 4, segunda .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 60. Emisiones de CO<sub>2</sub> en las distintas simulaciones .....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 61. Energía en exceso en las distintas simulaciones .....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 62. VAN en las distintas simulaciones .....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 63. Coste de la instalación en las distintas simulaciones .....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 64. Relación entre el VAN y el coste de la instalación .....</i>	<i>104</i>

## Indicé de tablas

<i>Tabla 1. Comparación de los rendimientos entre CC y CA [19] .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2. Datos de la ubicación [26] .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3. Datos de la radiación solar en la ubicación [26].....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4. Lista de dispositivos de los que dispone la vivienda .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 5. Ejemplo 1 de consumo en invierno .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 6. Ejemplo 2 de consumo en invierno .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 7. Ejemplo 1 de consumo en verano .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 8. Ejemplo 2 de consumo en verano .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 9. Consumo medio horario .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 10. Valor de CR según la Norma Técnica Universal [1] .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11. Comparación de los datos obtenidos en la simulación 1.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 12. Valores de los resultados obtenidos en las simulaciones .....</i>	<i>104</i>

## 1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es comprobar la rentabilidad de instalar un sistema fotovoltaico híbrido diésel aislado de la red en una determinada ubicación en España, dicha ubicación será Villasequilla (Toledo).

La valoración de la rentabilidad del sistema se realizara en base a los siguientes criterios:

- Satisfacción del consumo en la ubicación elegida.
- Aprovechamiento máximo de la radiación solar disponible.
- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Minimización del coste total del sistema.
- Evitar el exceso de energía.

Para realizar este estudio se ha utilizado el programa iHoga. Este software permite simular y optimizar cualquier tipo de sistema híbrido.

Partiendo del sistema híbrido fotovoltaico diésel, formado por un generador fotovoltaico (FV), un generador AC, un banco de baterías y un inversor, se combinaran los distintos dispositivos de los que se compone para crear varias posibilidades de configuración. Las combinaciones estudiadas son:

- Simulación 1: Generador FV + Baterías + Inversor
- Simulación 2: Generador AC + Inversor
- Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor
- Simulación 4: Generador FV + Generador AC + Baterías + Inversor

Para todos los sistemas se suponen las mismas características iniciales (ubicación, radiación solar, consumo, restricciones, etc.) para que la solución sea lo más realista posible.

Se comprobará cuál es la mejor solución realizando una comparación entre las soluciones obtenidas al realizar dichas simulaciones (coste total, energía generada en exceso y emisiones de CO<sub>2</sub>).



## 2. Energía solar

La energía solar es una energía renovable que se obtiene directamente del sol y es utilizada para generar calor o electricidad.

Existen varios métodos para recoger y aprovechar esta energía, que dan lugar a distintos tipos de energía solar:

- 1- Energía solar fotovoltaica: Consiste en el aprovechamiento y transformación de la energía solar a través de células fotovoltaicas en energía eléctrica.
- 2- Energía solar térmica: Consiste en calentar un fluido que circular a través de un dispositivo de captación mediante el calor recibido del sol. Se utiliza para calentar agua, climatización de edificios y aplicaciones industriales (secar grano, mover turbinas, etc.)
- 3- Energía solar termoelectrica: Es una combinación de las dos anteriores. Se utiliza un sistema de espejos móviles que concentran los rayos solares en un punto específico calentando un fluido convirtiéndolo en gas. Este gas se utiliza para generar electricidad a través de un generador.

Gracias a su localización y climatología, España cuenta con unas condiciones óptimas para aprovechar la energía solar en cualquiera de sus modalidades. Disponer de una energía renovable disminuye la necesidad de importar combustibles fósiles, como el petróleo o el gas, y obtener un importante ahorro económico.

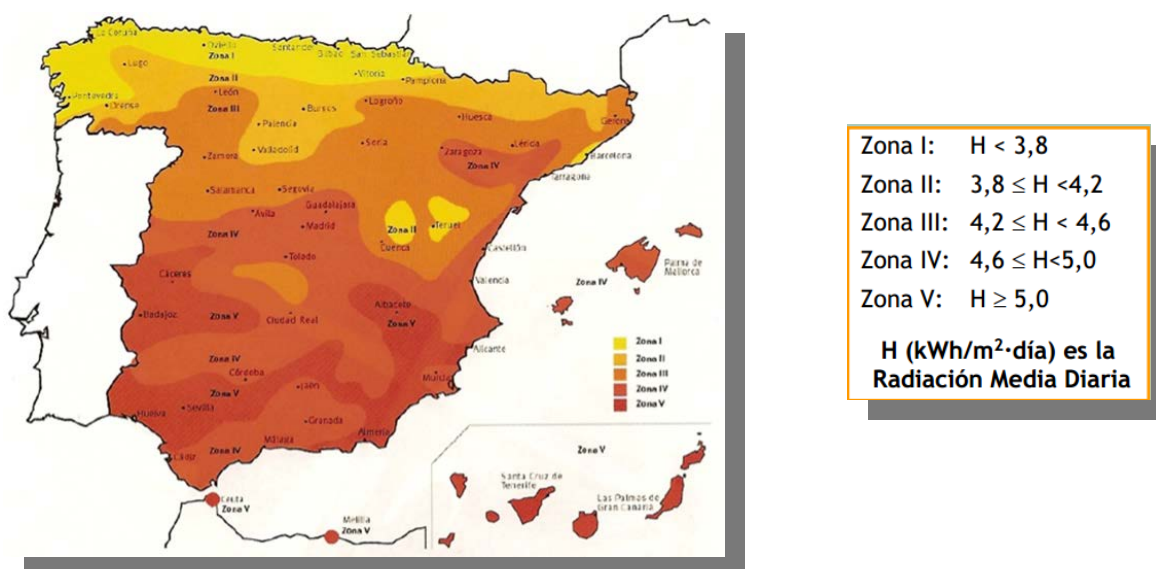


Ilustración 1. Irradiación media diaria en España según zonas climáticas [4]

La principal ventaja de la energía solar es que es una energía limpia, respetuosa con el medio ambiente y no genera residuos. Además, se trata de una fuente de energía inagotable.

Otra gran ventaja es que permite el autoconsumo mediante instalaciones con muy poco mantenimiento, fiables y duraderas.

La principal desventaja es que es una fuente energía estacional, pues depende principalmente de la temperatura ambiente y de la radiación solar incidente, por lo que es necesario algún sistema de acumulación o generación auxiliar.

[2] [3]

## 2.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene de la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación se realiza a través de los paneles fotovoltaicos. La radiación llega a los paneles y excita los electrones de un dispositivo semiconductor, denominado célula solar, generando una pequeña diferencia de potencial. Conectando varios paneles en serie se consigue una diferencia de potencial mayor.

Este proceso no requiere necesariamente radiación solar directa, en condiciones de luz difusa, como cielos nublados, es posible obtener has un 50% de la producción normal de un día.

Las principales ventajas de la energía solar fotovoltaica son:

- Energía prácticamente infinita
- Puede disponerse de instalaciones de poca potencia hasta instalaciones de grandes potencias (MW).
- Permite el autoconsumo mediante instalaciones de pequeña potencia. Puede utilizarse por si sola o combinándose con otras energías.
- Posee una producción descentralizada en el lugar de la generación, sin cargos adicionales por distribución.
- Facilita el suministro de energía en lugares remotos.
- Bajo coste de mantenimiento
- Respetuosa con el medioambiente

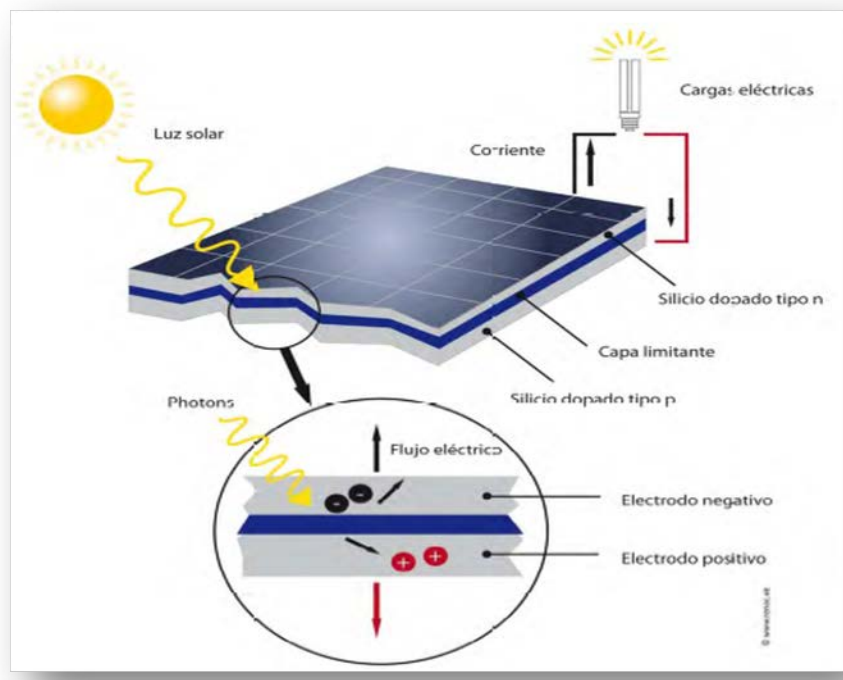
[5] [6]

### 2.1.1 Célula solar

La célula solar es un dispositivo encargado de convertir la radiación solar en una corriente de electrones dando lugar a energía eléctrica. Está formada por una delgada placa de material, generalmente silicio mono o poli-cristalino.

Funcionan según un fenómeno físico denominado “efecto fotoeléctrico”:

Cuando un número de fotones suficientes impactan sobre la placa semiconductora son absorbidos por los electrones que se encuentran en la superficie de esta. Esta absorción de energía permite a los electrones liberarse de sus átomos y comienzan a moverse dejando espacios libres, que son ocupados por otros electrones más profundos del semiconductor. Por lo tanto, una parte de la lámina tiene mayor concentración de electrones que la otra, lo que provoca voltaje entre ambos lados. Al unir ambos lados con un cable se permite que los electrones fluyan de un lado a otro dando lugar a la corriente eléctrica.



*Ilustración 2. Funcionamiento de una célula solar [6]*

Suele tener un espesor entre 0,25 y 0,35mm, generalmente de forma cuadrada, con una superficie entre 100 y 225m<sup>2</sup>. Producen una corriente comprendida entre 3 y 4A, una tensión de 0,5V aproximadamente y una potencia de 1,2 – 2Wp.

La eficiencia de conversión (porcentaje de energía contenida en la radiación solar que es trasformada en energía eléctrica) suele estar entre un 13 y un 17%. Los motivos de esa baja eficiencia son:

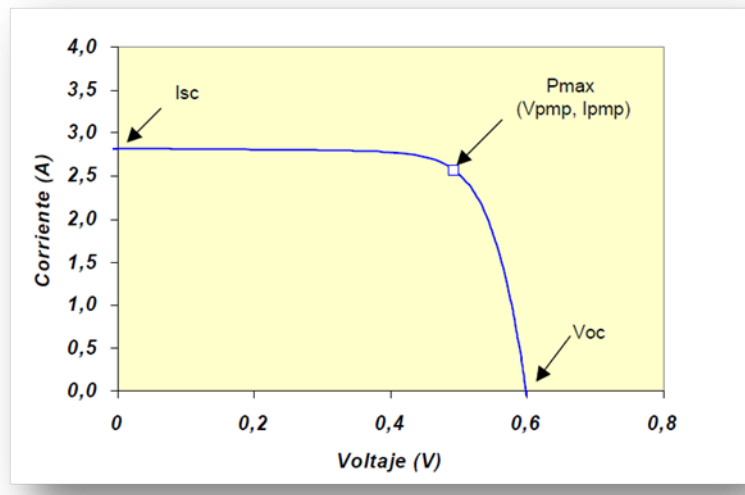
- Reflexión: no todos los fotones que inciden en la célula penetran en su interior, puesto que algunos de ellos son reflejados por la superficie de la célula y algunos inciden en la rejilla metálica de los contactos.
- Fotones demasiado o poco energéticos: para romper el enlace entre el electrón y el núcleo es necesaria una determinada energía, y no todos los fotones incidentes poseen energía suficiente. Por otra parte, algunos fotones demasiado energéticos forman pares electrón-hueco, disipando en forma de calor la energía excedente necesaria para separar el electrón del núcleo.
- Recombinación: no todos los pares electrón-hueco generados son recogidos por el campo eléctrico de unión y enviados a la carga externa, puesto que en el trayecto desde el punto de formación hacia la unión pueden encontrar cargas de signo opuesto y así volver a combinarse.
- Resistencias parásitas: las cargas generadas y recogidas en la zona de vaciado tienen que ser enviadas al exterior. La operación de recogida es efectuada por los contactos metálicos colocados en la parte anterior y en la posterior de la célula. Existe cierta resistencia a la interfaz, que provoca una disipación que reduce la potencia transferida a la carga.

### El vatio pico

La potencia de una célula fotovoltaica varía al variar su temperatura y su radiación, se han establecido unas condiciones estándar de referencia, que dan origen al vatio pico (Wp), relativo a la potencia producida por la célula a la temperatura de 25°C y una radiación de 1.000 W/m<sup>2</sup>.

[6] [7]

### Características de la célula solar



*Ilustración 3. Curva característica del panel fotovoltaico [21]*

- Corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$  o  $I_{sc}$ ): máxima corriente que producirá el dispositivo bajo unas condiciones definidas de iluminación y temperatura y un voltaje igual a cero.
- Voltaje a circuito abierto ( $V_{ca}$  o  $V_{oc}$ ): máximo voltaje del dispositivo bajo unas condiciones definidas de iluminación y temperatura y un voltaje igual a cero.
- Potencia máxima ( $P_{max}$ ): máxima potencia que producirá el dispositivo bajo unas condiciones definidas de iluminación y temperatura.
- Corriente en el punto de máxima potencia ( $I_{pmp}$ ): valor de la corriente para  $P_{max}$  en condiciones de temperatura e iluminación determinadas.
- Voltaje en el punto de máxima potencia ( $V_{pmp}$ ): valor del voltaje para  $P_{max}$  en condiciones de temperatura e iluminación determinadas.

La potencia que proporciona una célula solar es muy pequeña, por lo que es necesario asociar varias para poder proporcionar la potencia necesaria para cada sistema. Existen dos posibles tipos de conexión:

- Conexión en serie: para aumentar la tensión en los extremos de la célula equivalente.
- Conexión en paralelo: para aumentar la corriente total del conjunto.

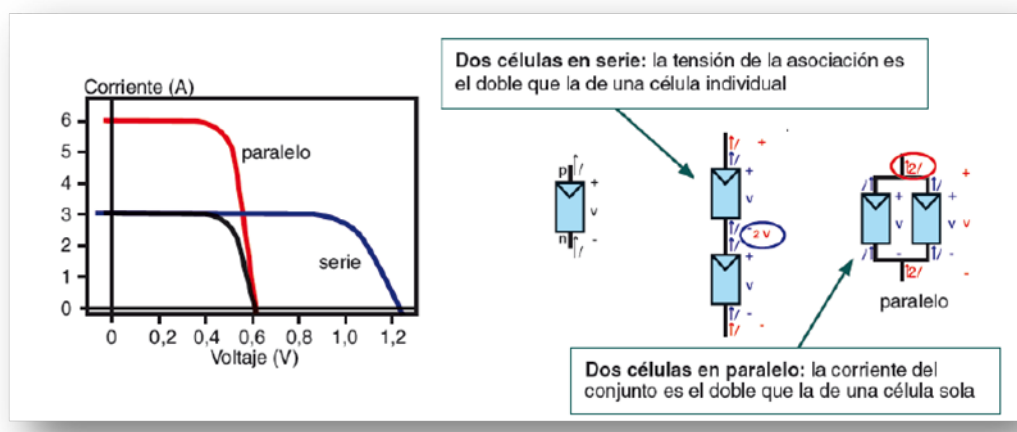


Ilustración 4. Asociación de células solares [21]

[21]

## 2.2 Energía solar fotovoltaica en el mundo

El mercado fotovoltaico ha crecido en la última década a un ritmo notable, incluso durante tiempos económicos difíciles, y está en camino de convertirse en una importante fuente de generación de energía para el mundo. Después de un crecimiento récord en 2011, el mercado mundial de energía fotovoltaica se estabilizó en 2012, y volvió a crecer de manera significativa en 2013.

### Capacidad instalada

A finales de 2009 la capacidad instalada era de más de 23GW y fue creciendo cada año hasta alcanzar en 2013 casi 138,9GW.

Europa sigue siendo la región más importante del mundo en términos de capacidad instalada, con 81,5 GW a partir de 2013. Esto representa aproximadamente el 59% de la capacidad fotovoltaica acumulada en el mundo. Asia y los países del Pacífico están creciendo rápidamente, con 40,6GW instalado. A continuación en el ranking esta Estados Unidos con 13,7GW. La capacidad global instalada podría haber incluso alcanzado 140GW en 2013 si el adicional de 1,1GW en China se hubiera tenido en cuenta.

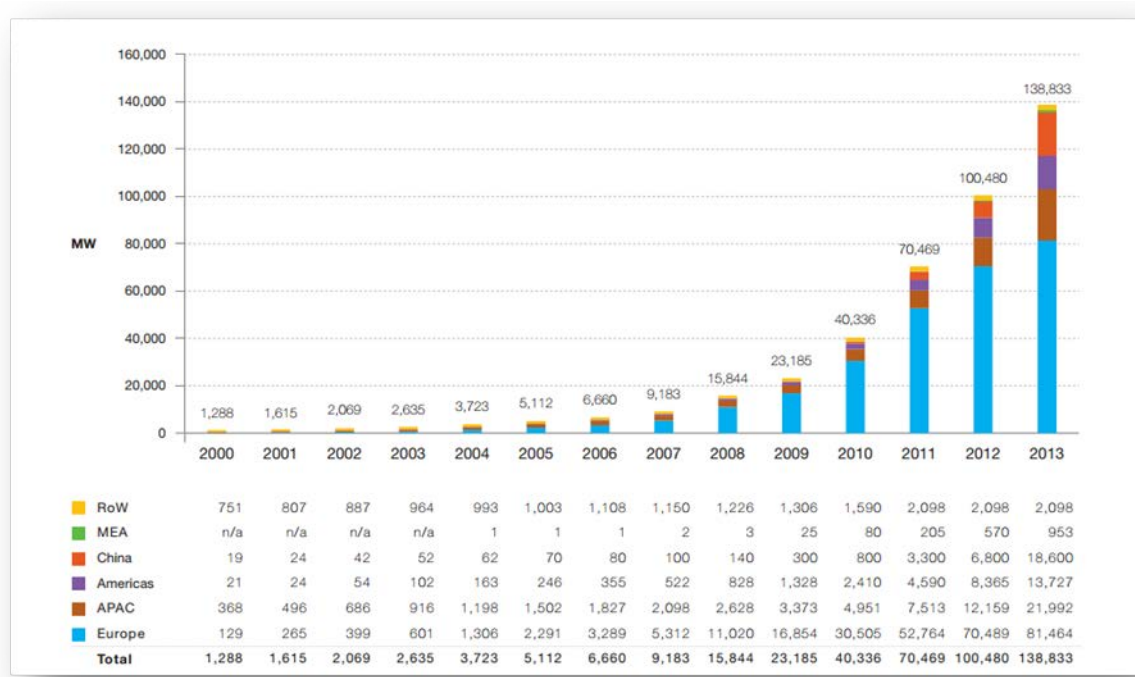


Ilustración 5. Evolución de la energía fotovoltaica instalada en el mundo, 2000-2013 [8]

## Conclusión

Después de muchos años de crecimiento e innovación, la industria fotovoltaica vuelve a atravesar un período difícil, con el cambio de la dinámica del mercado y un enfoque geográfico diferente. En Europa, el cambio de apoyo político ha creado un clima de incertidumbre que obstaculizará el desarrollo del mercado fotovoltaico. Pero fuera de Europa, el potencial de crecimiento se mantiene intacto.

En el futuro, las cuestiones clave para determinar la evolución del mercado serán:

- Política: El mercado fotovoltaico sigue siendo, en la mayoría de los países, un mercado basado en políticas, como lo demuestra la disminución significativa en el mercado en los países donde se han tomado medidas políticas perjudiciales y retrospectivas.
- Competitividad: En algunos países la energía fotovoltaica ya es competitiva con otras fuentes de energía en términos de coste.
- Consolidación de la industria: Los precios se han estabilizado en 2013 y el retorno a la rentabilidad deben permitir que las empresas inviertan de nuevo.

El enorme potencial de la energía solar fotovoltaica y sus beneficios para la sociedad son más evidentes que nunca. Esta forma de generación se está convirtiendo en un claro dominante en el sistema de alimentación. Bajo todos los escenarios, la energía fotovoltaica seguirá aumentando su cuota en el mix energético en Europa y en todo el mundo, entregando cada vez más electricidad limpia, segura, asequible y descentralizada a la gente.

[8]



## 2.3 Energía solar fotovoltaica en España

Actualmente, la capacidad del sistema fotovoltaico en España es de aproximadamente 4.651MW, según la Dirección de Energía Eléctrica (CNMC) en Abril de 2014. Como se puede observar en la ilustración 6, la evolución de la potencia instalada a lo largo de los años no ha sido constante. El 97% de la potencia se ha instalado en los últimos 7 años y cabe destacar que el 60% de la misma se instaló durante el año 2008.

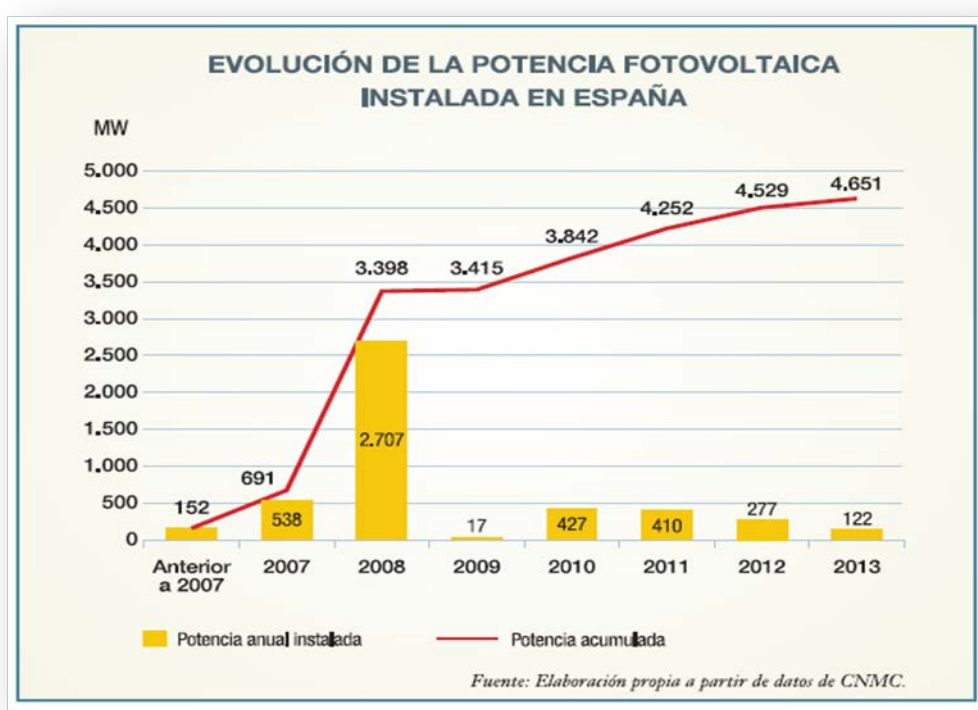


Ilustración 6. Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España [9]

A partir de la creación del Régimen Especial, que nace de la Ley 54/97 del sector eléctrico, y con el apoyo del RD 2818/1998 que establece el régimen de primas, comienza a crecer la capacidad del sector fotovoltaico.

En España hay, según datos de CNMC de diciembre de 2013, 60.698 instalaciones fotovoltaicas. De éstas, la mayoría tienen un tamaño de entre 5 y 100kW, 46.539 instalaciones, le siguen las instalaciones de tamaño menor de 5 kW, con 13.165 instalaciones y a mucha distancia encontramos las de tamaño menor de 1 MW y mayor que 100 kW, con 655 instalaciones.

El total de las instalaciones mayores de 1 MW son 330, de las cuales 194 son menores que 2 MW, 77 son menores de 5 MW y 59 son menores de 10 MW. El aumento más significativo en los dos últimos años, teniendo en cuenta el aumento del número de instalaciones y su peso en la potencia global del sistema, se ha dado en instalaciones de tejado de más de 20 kW.

[9]

## PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD DE LA TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

El conjunto de instalaciones fotovoltaicas españolas vertió 8.260GWh, según el CNMC en Diciembre de 2013.

Al comparar la curva de producción frente a la de potencia instalada, en la ilustración 7, se aprecia una clara compenetración entre ambas evoluciones a excepción del año 2008, en el que hay un destacado desajuste entre dichas curvas. La razón de este desfase es que la mayoría de las instalaciones se conectaron en la segunda mitad del año y la cantidad de potencia que se instaló durante ese año no se ha vuelto a producir. La potencia, por tanto, no funcionó durante todo el año, pero queda reflejada, por lo que no contabilizó en la producción de ese año.

[9]

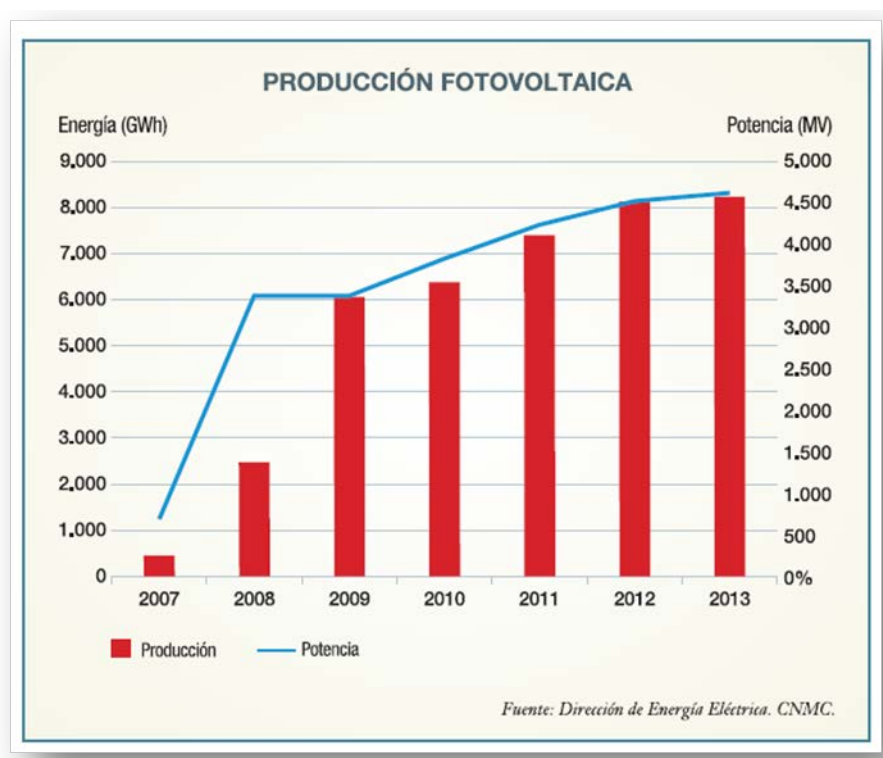


Ilustración 7. Producción fotovoltaica en España [9]

## SITUACIÓN POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Analizando el reparto de la potencia por Comunidades Autónomas, destacan Andalucía, Castilla y León, Extremadura y Murcia como las que más potencia instalaron en 2011. En el año 2012, aunque con crecimientos bastante menores, estas comunidades también se mantuvieron liderando el ranking. Durante 2013, encontramos crecimientos menores que el año anterior y muchos menores comparados con el año 2011.

Las comunidades con mayor potencia instalada en 2013 fueron Andalucía, Castilla-La Mancha y Extremadura. En el otro extremo, Cantabria, Asturias, Ceuta y Melilla se sitúan a la cola del ranking.

[9]

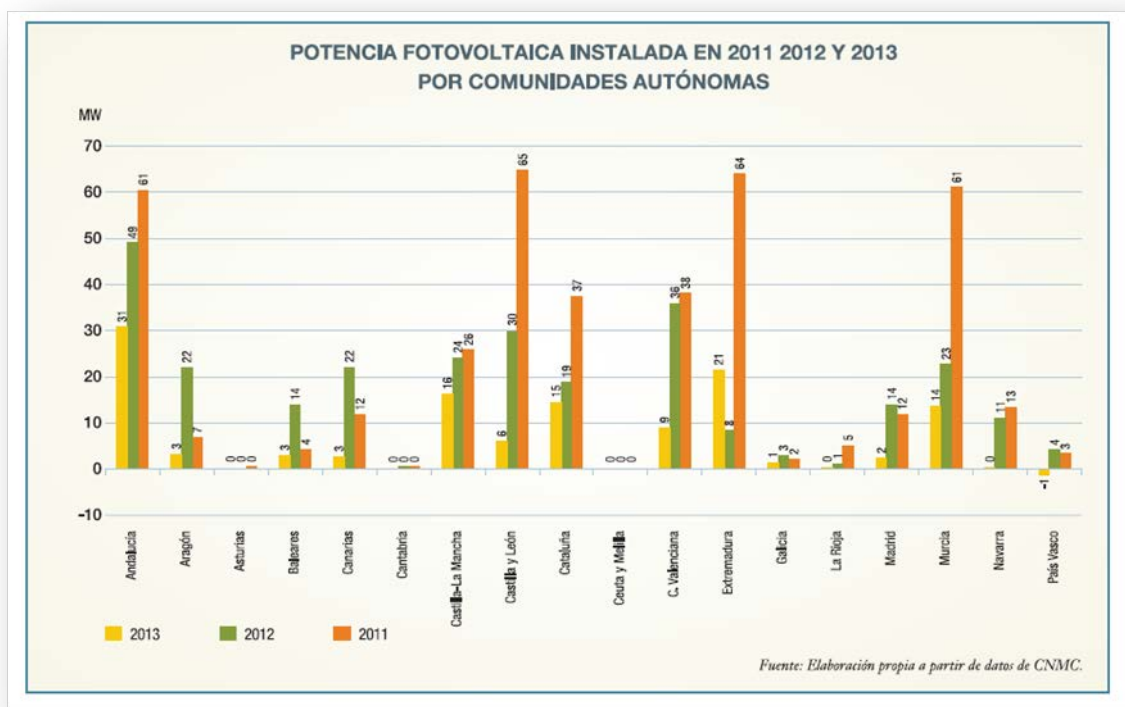


Ilustración 8. Potencia fotovoltaica instalada por comunidades autónomas [9]

## 2.4 Legislación Fotovoltaica

La tecnología fotovoltaica, igual que cualquier otra tecnología de generación eléctrica, necesita de una regulación estable, predecible y a largo plazo, dado que se trata de proyectos con una vida útil de varias décadas. En el caso particular de las energías renovables esto cobra una mayor importancia dado que los costes variables son menores y es necesario realizar un gran desembolso inicial, que normalmente debe ser financiado.

La inestabilidad regulatoria es un grave problema, no sólo porque ahuyenta a posibles inversores sino, también, porque dificulta las condiciones de financiación de aquellas empresas y particulares que sí deciden apostar por esta tecnología.

En España, la legislación debe atenerse a los siguientes niveles o legislaciones: europea (directivas), nacionales (Leyes, Reales Decretos, etc.), Comunidades Autónomas, Municipales y reglamentos de Red Eléctrica Española y de las compañías eléctricas. Además, cuando no exista una normativa aplicable, se tendrán en cuenta los siguientes elementos:

- Normas técnicas nacionales de transposición de normas europeas no armonizadas
- Normas UNE
- Recomendaciones de la Comisión Europea
- Códigos de buenas prácticas
- El estado actual de la técnica

A continuación se recogen las principales leyes que regulan la generación fotovoltaica en nuestro país:

- **Real Decreto 1955/2000**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002)**, ver las Instrucciones Complementarias, ITC 40 y la Nota de Interpretación Técnica de la equivalencia de la separación Galvánica de la Conexión de Instalaciones generadoras en Baja Tensión.
- **Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006)**
- **Real Decreto 647/2011**, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.
- **Real Decreto 1699/2011**, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción eléctrica de pequeña potencia.
- **Real Decreto 1544/2011** sobre tarifas de acceso a productores, en régimen ordinario y especial.

- **Real Decreto 661/2007**, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Orden IET/3586/2011**, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- **Real Decreto-ley 1/2012**, de 27 de Enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de pre asignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- **Real Decreto 1718/2012**, de 28 de diciembre, por el que se determina el procedimiento para realizar la lectura y facturación de los suministros de energía en baja tensión con potencia contratada no superior a 15 kW.
- **Real Decreto-ley 9/2013**, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Real Decreto-ley 2/2013**, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.
- **Orden IET/221/2013**, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- **Orden HAP/703/2013**, de 29 de abril, por la que se aprueba el modelo 583 «Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. Autoliquidación y Pagos Fraccionados», y se establece la forma y procedimiento para su presentación.

**Suspensión del procedimiento de pre-asignación de retribución para instalaciones:** En virtud del artículo 4 del Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, queda suspendido el procedimiento de inscripción en el Registro de pre asignación previsto en el artículo 4.1 del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de las solicitudes de instalaciones de tecnología fotovoltaica que hubieran sido presentadas a las convocatorias correspondientes a 2012.

Del mismo modo, queda sin efecto la celebración de las convocatorias de pre asignación correspondientes al año 2012 y sucesivos.

Los titulares de las instalaciones de régimen especial incluidas en el ámbito de aplicación del citado Real Decreto-ley a las que, a su entrada en vigor, no les hubiera sido resuelta su solicitud de inscripción en el Registro de pre asignación de retribución, podrán, dentro del plazo de dos meses a contar desde la fecha de dicha entrada en vigor, desistir de su solicitud de inscripción en el referido registro, y en su caso, desistir también de su solicitud de acceso a la red, interesando la devolución de los avales que hubieran depositado al amparo de lo previsto en de los artículos 59 bis y 66 bis del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte,

distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, del artículo 9 del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, así como del artículo 4.3.i del Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, sin que, haya lugar, en virtud de ese desistimiento, a la ejecución de las tales garantías.

Sin perjuicio de lo anterior, el Gobierno podrá restablecer reglamentariamente la inscripción en el Registro de pre asignación de retribución cuando el contexto energético así lo requiera.

[10] [11]

### 3. Autoconsumo fotovoltaico

El autoconsumo es la capacidad de producir, gestionar y consumir la energía generada mediante energía fotovoltaica, con o sin acumulación, de una manera sencilla, limpia y rentable. Esto se consigue gracias a instalaciones fotovoltaicas capaces de producir la energía necesaria para satisfacer un consumo determinado.

Existen principalmente tres tipos de autoconsumo:

- 1- Autoconsumo instantáneo
- 2- Autoconsumo aislado
- 3- Autoconsumo por balance neto

[12][13]



*Ilustración 9. Ejemplo autoconsumo fotovoltaico [13]*

### 3.1 Autoconsumo instantáneo

El autoconsumo instantáneo se basa en que toda la energía generada es consumida por las cargas de la instalación, sin necesidad de inyectar energía a la red. Es el tipo de autoconsumo más simple y económico, ya que no requiere el uso de acumuladores.

En este tipo de autoconsumo para conseguir un sistema óptimo es necesario:

- 1- Dimensionar la instalación para que se menor que el consumo mínimo previsto.
- 2- Utilizar gestor energético para limitar la potencia generada por los inversores fotovoltaicos, ya que permite activar automáticamente electrodomésticos en las horas de mayor producción solar.

En la primera opción se requiere un conocimiento previo del perfil de las cargas, se limita la potencia instalada y se reduce el ratio de autoconsumo. En la segunda opción se garantiza al 100% la no inyección de energía a la red.

El marco legislativo actual permite realizar inversiones que se amortizan en un plazo razonable, y permiten tener un suministro eléctrico más barato y eficiente.

[14]

### 3.2 Autoconsumo aislado

El autoconsumo aislado es un método similar al anterior. En este caso se dispone de un sistema de acumulación que permite generar energía en exceso durante las horas de sol que podrá ser utilizada en las horas en la que no haya generación gracias al sistema de acumulación. Es un sistema más caro pero cubre el 100% de la demanda.

[14]

### 3.3 Autoconsumo por balance neto

El autoconsumo por balance neto permite al usuario generar su propia electricidad pudiendo inyectar a la red la energía sobrante mediante un intercambiador de energía con la compañía eléctrica, o si la energía generada es insuficiente o está fuera de las horas de generación será la red quien suministre esta energía.

Los usuarios pueden compensar la energía consumida menos la vertida a la red al final del periodo. Actualmente la ley que regula esta variedad de autoconsumo está por decidirse.

Es una inversión intermedia que no requiere de acumuladores, en caso de necesitar energía puede cogerse directamente de la red y cubre el consumo al 100%.

[14]



## 3.4 Legislación autoconsumo

### Autoconsumo Instantáneo

De acuerdo con la legislación actual, en España, las instalaciones fotovoltaicas deben cumplir con tres requisitos:

- No debe inyectar electricidad a las líneas de distribución, esto se puede evitar utilizando un gestor energético.
- Se debe cumplir con las regulaciones Europeas del anti-isla.
- Los equipos deben cumplir con las Directivas Europeas.

El proceso actual para la legislación con la administración, para este tipo de instalaciones, es la siguiente:

- **Procedimiento normal:** aplicando en el Real Decreto 1699/2011, del 18 de Noviembre de 2011, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. Entonces, es aplicable requerido para las instalaciones en Régimen Especial. Este procedimiento, en cambio, es algo tedioso. El gobierno español aprobará un nuevo procedimiento y condiciones técnicas para este tipos de instalaciones (desarrollando la Ley 24/2013). Además, este tipo de instalaciones tendrán que ser registradas cuando el registro de instalaciones de autoconsumo sea aprobado y regulado.

- **Procedimiento simplificado:** por el momento, sólo es aplicable este procedimiento en algunas Comunidades Autónomas (Aragón, País Vasco, Cataluña, Madrid, La Rioja y Navarra), a través de las Delegaciones de Industrial. El Ministerio de Industria de aquellas Comunidades Autónomas acepta este procedimiento bajo la interpretación de la Instrucción Técnica ITC 40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Así, el procedimiento normal no es aplicable. En el futuro, ese tipo de instalaciones, tendrán que ser registradas cuando el registro de instalaciones de autoconsumo sea aprobado y regulado.

En este tipo de instalaciones (aplicando el procedimiento simplificado), se puede incluir algún tipo de almacenamiento eléctrico.

### Autoconsumo aislado

No es necesario registrar la instalación.

Del denominado **Autoconsumo por balance neto de conexión a red**, quizá se pueda regular en próximos reales decretos.

[11]



## 4. Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es conjunto de componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos que sirven para transformar la energía solar en energía eléctrica. Se pueden diferenciar tres tipos de sistemas fotovoltaicos:

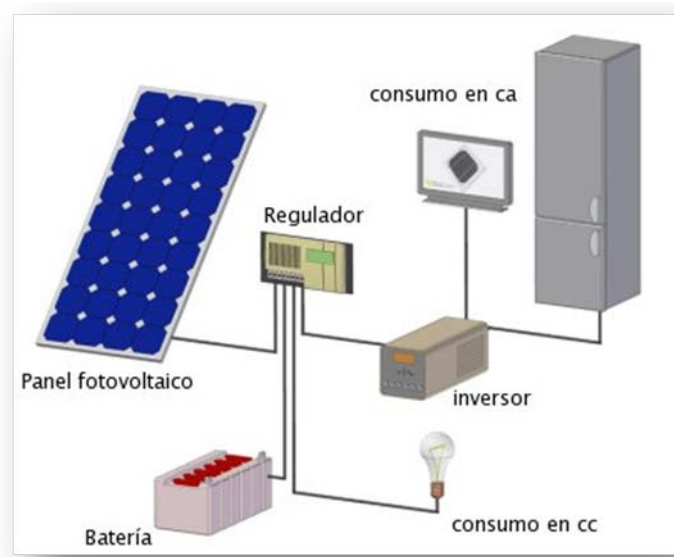
- Sistemas fotovoltaicos conectados a red
- Sistemas fotovoltaicos aislados
- Sistemas fotovoltaicos híbridos

[15]

### 4.1 Sistema fotovoltaico aislado

Los sistemas fotovoltaicos aislados son sistemas autónomos, no disponen de conexión a la red, capaces de producir la energía necesaria para cubrir un consumo determinado. Están formados por:

- Generador FV
- Regulador de carga
- Inversor
- Sistema de acumulación (baterías)



*Ilustración 10. Sistema fotovoltaico aislado [17]*

Durante las horas de sol el generador FV será el encargado de cubrir la demanda existente, además de cargar las baterías. En las horas en que no exista generación las baterías son las encargadas de cubrir dicha demanda. El regulador de carga se encarga de garantizar el correcto funcionamiento de las baterías.

La limitación de potencia de estos sistemas depende de las características de los equipos de la instalación y de la disponibilidad de la radiación solar. Técnicamente un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como desee pero desde el punto de vista económico existen limitaciones en cuanto a la capacidad a instalar.

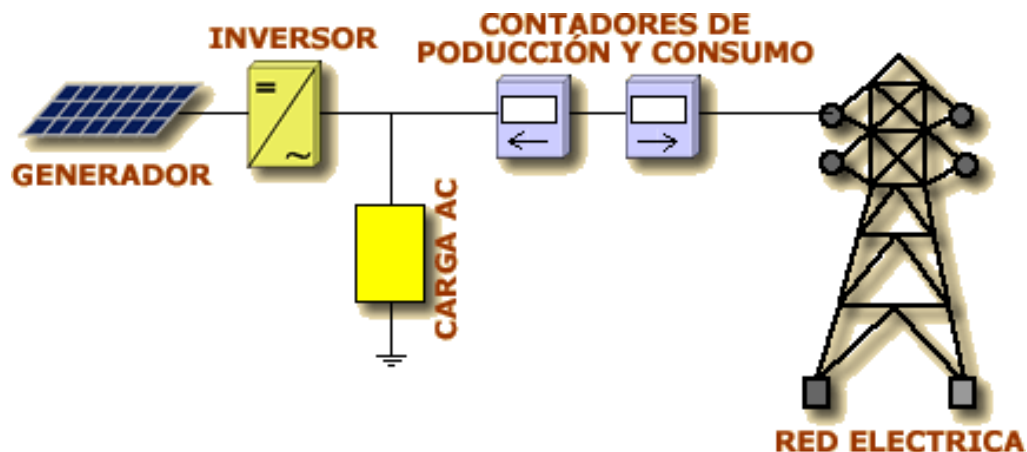
[15] [16]

## 4.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red son sistemas más fiables en cuanto a continuidad del suministro que los sistemas fotovoltaicos aislados debido a que, en caso de déficit de generación o fallo en el sistema disponen de la conexión a la red para poder cubrir dicho consumo.

Este tipo de sistema está formado por:

- Generador FV
- Inversor
- Contador de energía bidireccional



*Ilustración 11. Sistema fotovoltaico conectado a red [17]*

El generador fotovoltaico se encuentra conectado a la red eléctrica a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre el sistema y la red. Normalmente no requieren de un sistema de acumulación, puesto que la energía generada en exceso se inyecta a la red y en caso de necesidad extrae energía de la red. Además, cuentan con elementos que no solamente protegen la instalación, sino que también regulan la forma y la cantidad en que se suministra la energía eléctrica a la red central. Debe garantizar una cantidad de tensión, un tipo de frecuencia y una calidad de onda. Suelen ocupar grandes extensiones de terreno y otra manera de referirse a este tipo de sistema fotovoltaico es huerta solar.

En los sistemas conectados a red es necesario conectar con las líneas de distribución, cumpliendo con los requisitos demandados por la compañía eléctrica. También se incluirá un sistema de medición mediante el que el propietario, una vez dispone del Régimen Especial de Producción de Energía, factura la producción.

[15] [16]

## 4.3 Sistemas híbridos fotovoltaicos

Un sistema híbrido es la unión o combinación de dos o más tecnologías que juntas forman un sistema. Dicho sistema tiene como objetivo conseguir la máxima eficiencia de cada tecnología para reducir el consumo de energía fósil y emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, pretende gestionar automática e inteligentemente la tecnología de menor coste, reduciendo la amortización y consiguiendo así una instalación más rentable para el usuario.

Existen varias modalidades de sistemas híbridos en función de la tecnología que utilizan:

- 1- Fotovoltaica + Eólico + Diésel
- 2- Fotovoltaica + Diésel
- 3- Eólico + Diésel
- 4- Fotovoltaica + Baterías + Diésel

Los sistemas híbridos fotovoltaicos, además de contar con paneles fotovoltaicos para recoger energía, utilizan otro sistema de generación de energía, es decir, utilizan una tecnología auxiliar. Estas tecnologías auxiliares suelen ser la tecnología eólica o grupos electrógenos, de este modo se obtiene un suministro de energía fiable y disponible 24 horas al día durante 365 días del año.

Los días nublados apenas permiten aprovechar la luz solar, días en los cuales se aprovechan las tecnologías auxiliares, mientras que los días soleados o con cielos despejados son ideales para los paneles fotovoltaicos. Esto hace que no sea necesario sobredimensionar el generador solar para los periodos de baja irradiación, produciendo un ahorro considerable. El sistema usa prioritariamente la energía producida por el modulo fotovoltaico.

Existen al menos cinco razones para utilizar los sistemas híbridos fotovoltaicos: el precio del gasóleo industrial, el precio del kWh, el nivel de acceso a la electricidad, la radiación solar y el coste de la tecnología fotovoltaica.

Las principales aplicaciones son:

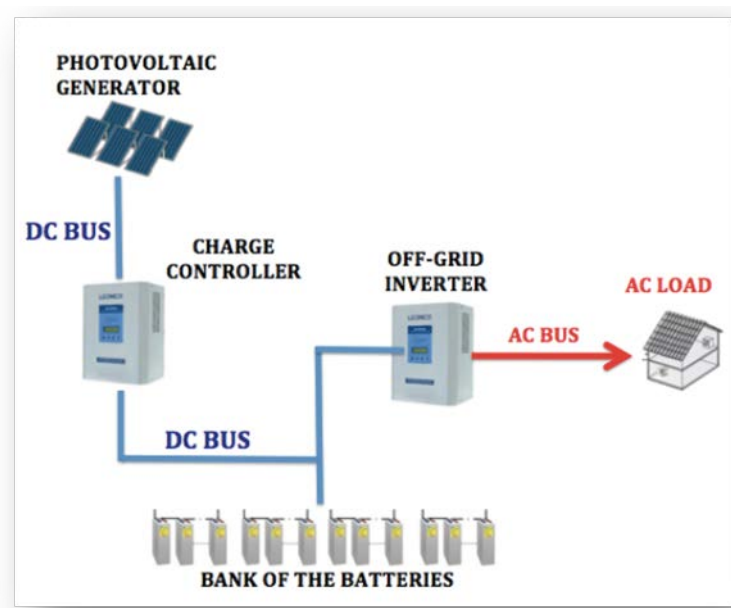
- Domésticas
- Industriales: granjas, regadío, etc.

Dentro de los sistemas híbridos se diferencia entre varias configuraciones, atendiendo al bus de conexión:

- Conexión en CC (DC coupling)
- Conexión en CA (AC coupling)
- Conexión mixta: CC + CA

[18]

**1- Configuración en corriente continua (CC):** Es la configuración tradicional y de las primeras que se implementaron. Está formada por: generador fotovoltaico, cargador de baterías, banco de baterías, inversor aislado y consumo (CA).



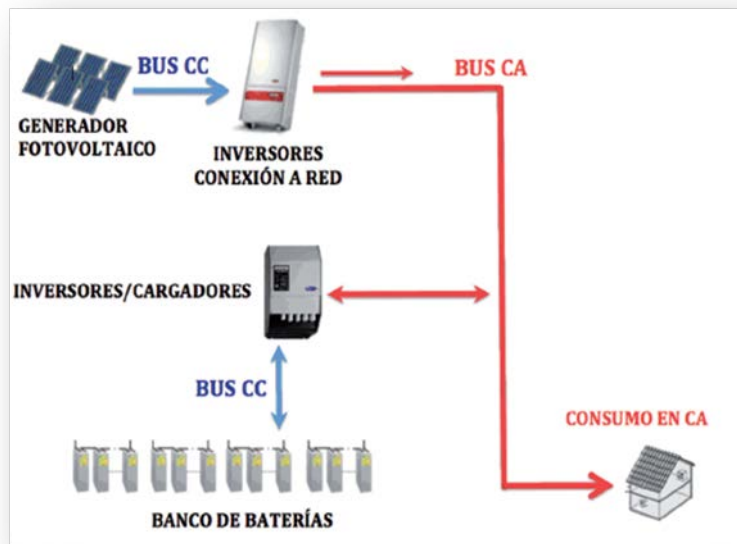
*Ilustración 12. Configuración en corriente continua CC [19]*

Como se observa en la ilustración 12 el bus de CC es común para todos los elementos, excepto para el consumo en CA. Como no existe un camino directo desde el generador fotovoltaico al consumo, la energía debe pasar por un controlador de carga y un inversor aislado.

Las tensiones más utilizadas son 12, 24 y 48V. Debe tenerse en cuenta las pérdidas para grandes distancias, por eso estos sistemas no se han implementado para muy grandes potencias. Esto se puede solucionar con tensiones más elevadas como 120, 240, 480 incluso 800 V.

[19]

**2- Configuración en corriente alterna (CA):** En esta configuración aparecen nuevos elementos como se observa en la ilustración 13. Dichos elementos son: el inversor de conexión a red y el inversor bidireccional (inversor / cargador).



*Ilustración 13. Configuración en corriente alterna CA [19]*

La principal característica de este tipo de configuración es que utiliza un bus CA generado por el inversor bidireccional (inversor / cargador), que actúa como fuente de CA y la principal diferencia con la configuración anterior es que en este caso existe un flujo directo desde la salida del inversor y el consumo CA, sin tener que pasar por un controlador de carga y el inversor aislado.

El funcionamiento de esta configuración consiste en que el generador fotovoltaico abastece el consumo, y si hubiera excedente de energía se cargan las baterías mediante el inversor bidireccional, que actúa como cargador de baterías. Cuando no hay suficiente insolación, las baterías se encargan del abastecimiento de energía, donde el inversor bidireccional funcionará como inversor autónomo. Para obtener un abastecimiento continuo del consumo hay que dimensionar correctamente el sistema ya que no se dispone de ninguna energía auxiliar de respaldo.

Una alternativa a esta configuración es añadir una energía auxiliar como respaldo, como por ejemplo un generador diésel, como se muestra en la ilustración 14.

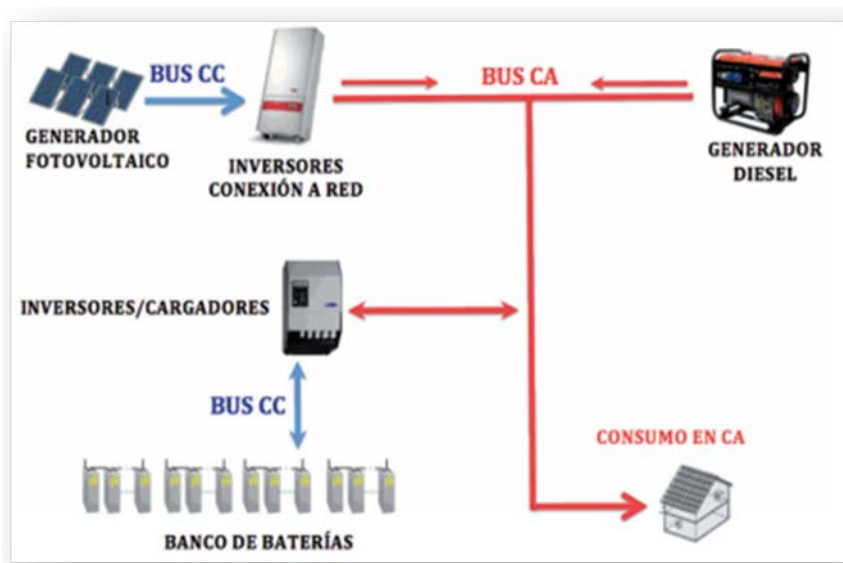


Ilustración 14. Configuración en corriente alterna CA con generador diésel [19]

En este caso, si las baterías no pueden hacer frente al consumo el generador diésel se encarga de cubrir dicho consumo, además de cargar las baterías. Este tipo de regulación permite una carga más eficiente de las baterías evitando los micro-ciclos, y por tanto, evitando un deterioro mayor de las baterías.

[19]

**3- Comparación entre configuración CC y CA:** Se realiza una comparación, a partir del rendimiento, de ambas configuraciones, desde el punto de vista energético teniendo en cuenta dos procesos: cargar las baterías y la utilización de la energía (desde el generador FV, o banco de baterías, hasta el consumo).

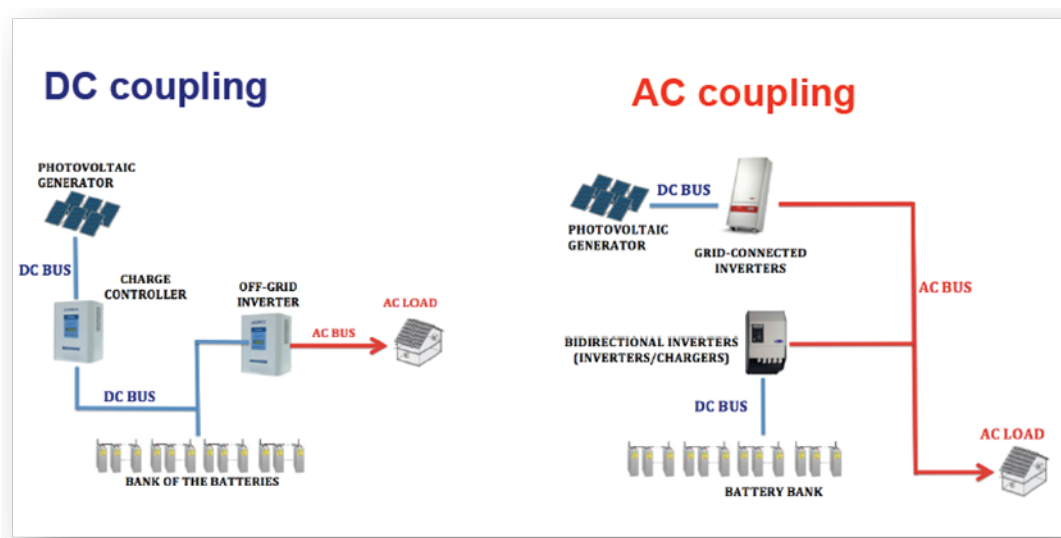


Ilustración 15. Comparación entre CC y AC [20]

En el proceso de carga de las baterías se obtuvo un rendimiento del 88,20% para la configuración CC y del 80,37% para la configuración CA. Por lo que se puede decir que la carga de las baterías es más eficiente si se realizara mediante la configuración CC.

Los rendimientos obtenidos al disponer de la energía que se utiliza desde el generador fotovoltaico hasta el consumo o desde las baterías se muestran en la tabla 1.

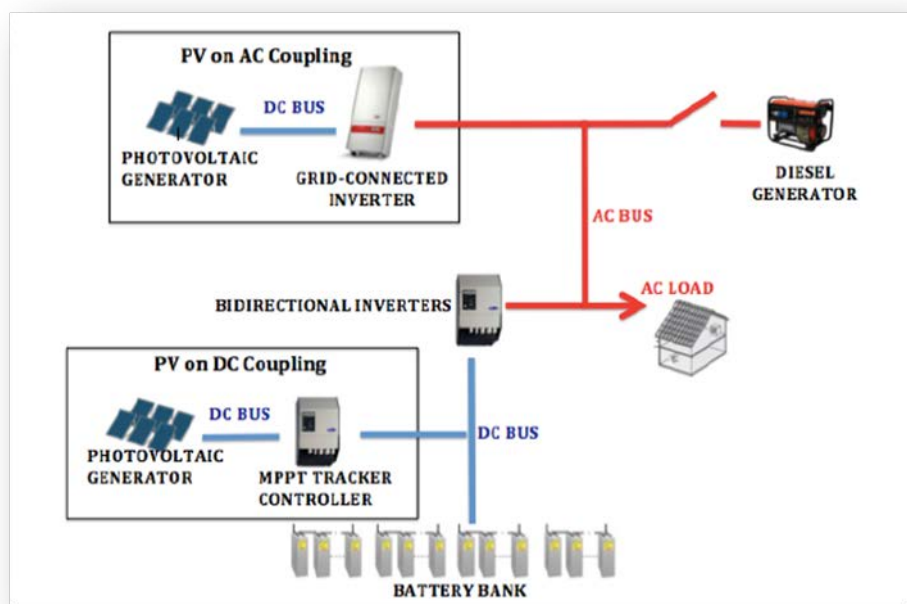
*Tabla 1. Comparación de los rendimientos entre CC y CA [19]*

	Rendimiento	
	CC	CA
Energía utilizada directamente	92,12%	95%
Energía utilizada desde las baterías	78,76%	71,70%

Se podría decir que cuando se utiliza energía que proviene del generador FV es mejor hacerlo mediante la configuración CA, mientras que si se utiliza la energía que proviene de las baterías es mejor utilizar la configuración CC.

Teniendo en cuenta las comparaciones realizadas se llega a la conclusión de que lo ideal es utilizar una configuración mixta, entre CC y CA, para conseguir un uso más eficientemente la energía.

[19]



*Ilustración 16. Configuración mixta [19]*

## Sistema híbrido: Fotovoltaica + Baterías + Diésel

A continuación se detallan los componentes de un sistema híbrido fotovoltaico diésel.

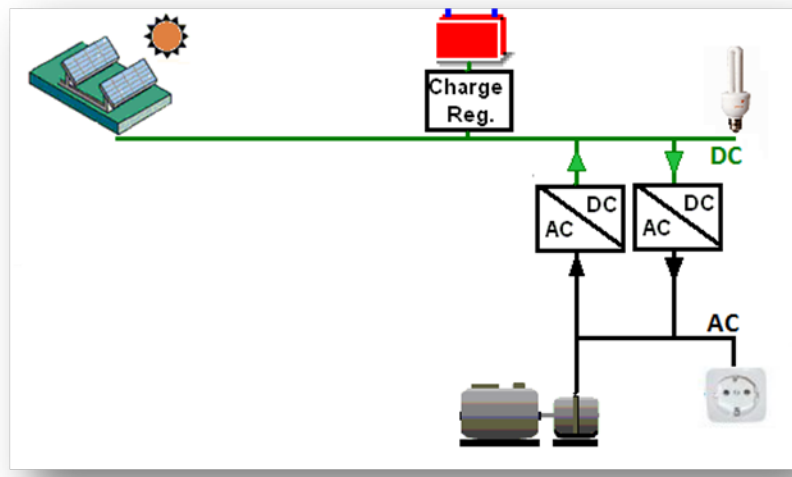


Ilustración 17. Sistema híbrido: generador FV + diésel + baterías

### 1- Generador FV

Dispositivo formado por un conjunto de paneles fotovoltaicos. Estos son un conjunto de células solares conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura soporte o marco. Proporcionan una tensión continua y están diseñados para unas tensiones concretas: 1.5V, 6V, 12V, 24V y 48V. Normalmente son cuadrados o rectangulares, con áreas desde 0,1 a 2m<sup>2</sup> los cuadrados y de 1 a 1,5m<sup>2</sup> los rectangulares, con un grosor no superior a 3cm.

En la ilustración 18 se muestran las partes de un panel fotovoltaico.

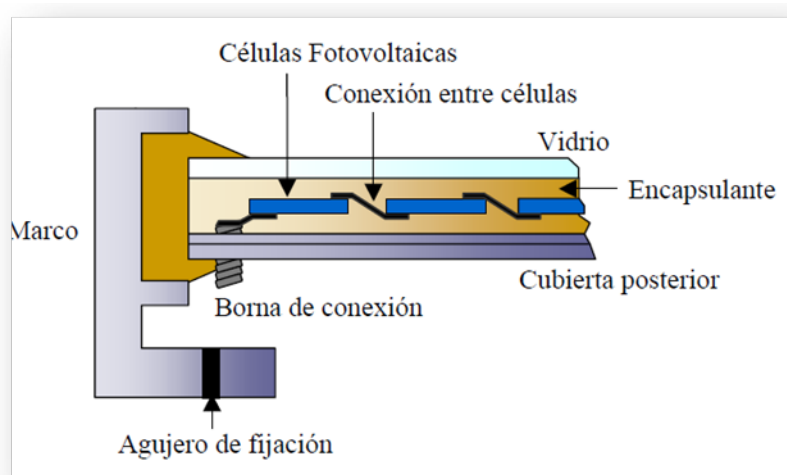


Ilustración 18. Sección transversal de un módulo fotovoltaico [22]



- Células fotovoltaicas: se unen mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la célula adyacente.
- Encapsulante: medio protector y de estabilidad de las células. Debe ser impermeable y resistente a la fatiga térmica. Las mas comunes son las EVA (etilen-vinil-acetato).
- Cubierta posterior: Debe ser impermeable y con baja resistencia térmica para la correcta protección.
- Conexión: suelen se de aluminio o acero inoxidable.
- Vidrio o cubierta transparente: recubre el modulo para su protección a la vez que deja pasar la luz.

Al igual que ocurre con las células solares, los paneles pueden asociarse en paralelo para obtener la intensidad deseada y en serie para obtener la tensión deseada.

**Perdidas**: debido a que todos los paneles no son iguales ni en todas las celulas va incidir la misma radiacion se producen perdidas:

- Por dispersión, ya que todos los paneles no generen la misma potencia.
- Por punto caliente, algunas células se convierten en cargas disipando la energía generada por las demás elevando la temperatura y dañando el panel.

**Cableado**: aspecto importante ya que la correcta selección del tipo y calibre del cableado aumentara el rendimiento y la fiabilidad de la instalación. El cableado debe asegurar que la caída de tensión entre el generador FV y el resto de componentes no supere el 1% de la tensión nominal. Además:

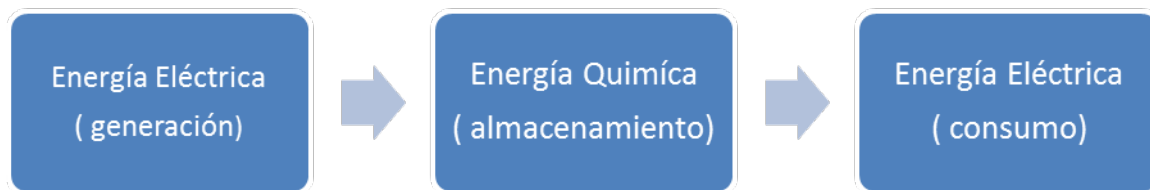
- Debe poseer un buen aislamiento y ser resistentes a la humedad.
- Los cables utilizados para realizar la interconexión de los paneles deben ser resistentes a la luz solar.
- Los cables que vayan a ser enterrados, que seran enterrados en una zanja de unos 40cm, llevaran un revestimiento de combustión lenta, ademas serán resistentes a la humedad y la corrosión.

**Protección contra sobretensiones**: se utilizaran interruptores para poder interrumpir la corriente en caso de emergencia y fusibles para proporcionar protección contra sobrecorrientes, en caso de cortocircuito.

**Conexión a tierra**: todas las superficies metálicas que pudieran ser tocadas por personas deben estar conectadas a tierra.

[21] [22]

**2- Baterías:** Dispositivo capaz de transformar la energía eléctrica en energía química. En una instalación fotovoltaica funcionara de la siguiente forma:



Las baterías son cargadas por la electricidad generada por los paneles solares a través de un regulador de carga y entregaran su energía cuando sea necesaria. La tensión nominal características de dichos dispositivos suele ser 2, 6, 12 o 24V

Las principales características que hay que tener en cuenta son:

- Capacidad: cantidad de electricidad que se puede obtener de una batería mediante la descarga de esta, inicialmente cargada al máximo. Se mide en Amperios-hora (Ah) y se calcula como el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que está actuando la batería:

$$C = I \cdot t$$

- El voltaje de carga: tensión necesaria para vencer la resistencia que se opone a que la batería sea cargada.
- Eficiencia de carga: relación entre la energía empleada para cargar la batería y la energía realmente almacenada en esta.
- Auto-descarga: proceso por el cual, sin estar en uso, la batería tiende a descargarse.
- Profundidad de descarga: valor, en tanto por ciento, de la energía que se ha sacado de una batería plenamente cargada en una descarga. Por ejemplo: se supone una batería de 100Ah que se descarga a 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%. Está relacionada con la vida útil de la batería, si los ciclos de descarga son cortos, en torno al 20%, la duración será mayor que si se somete a descargas profundas del 80%.

Existen varios tipos de baterías:

- Plomo-ácido (Pb-acido)
- Níquel-Cadmio (Ni-Cd)
- Níquel-Zinc (Ni-Zn)
- Zinc-Cloro (Zn-Cl2)

Actualmente, las más utilizadas en este tipo de sistemas son las primeras, plomo-ácido. Dentro de estas se diferencian dos tipos:

- Plomo-Calcio (Pb-Ca): poseen una menor auto-descarga y un mantenimiento más limitado.
- Plomo-Antimonio (Pb-Sb): presentan mejores propiedades para niveles bajos de carga y se deterioran menos con el paso de los ciclos.

[21] [23]

**3- Inversor:** Dispositivo electrónico que convierte la energía eléctrica de corriente continua en corriente alterna. Es un elemento esencial para este tipo de instalaciones, ya que la energía producida por el generador FV se da en corriente continua y la energía demanda debe ser proporcionada en corriente alterna.

Las principales características a tener en cuenta de un inversor son:

- Alta eficiencia: deben tener un correcto funcionamiento para un amplio rango de potencias.
- Bajo consumo en vacío, es decir, cuando no hay cargas conectadas.
- Alta eficiencia: deben tener una buena resistencia ante los picos de arranque.
- Protección contra cortocircuitos
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida

Toda instalación fotovoltaica debe incluir un regulador de carga, por un lado, para garantizar una carga suficiente de las baterías y evitar sobrecargas, y por otro lado, se encarga del suministro eléctrico y de la descarga de las baterías. En las simulaciones desarrolladas en este proyecto no se ha incluido un regulador de carga debido a que los inversores utilizados, inversor con regulador MPPT, incluyen un regulador de carga y un inversor.

[21]

**Inversor con regulador MPPT:** lleva incorporado un seguidor del punto de máxima potencia y un convertidor CC-CC, que transforman la corriente continua de alta tensión a una corriente continua de baja tensión para poder cargar las baterías. Estos dispositivos pueden trabajar a la tensión que más les convenga. Su principal función es ajustar la salida del generador FV para transferir la máxima energía a las baterías.

Con este tipo de regulador se obtiene el máximo rendimiento de los módulos fotovoltaicos y permiten añadir paneles en serie con un voltaje superior al del banco de baterías, además ayudan a un mejor mantenimiento de las baterías.

[25]

## 5. Desarrollo de la Instalación

### 5.1 Ihoga (Versión EDU)

iHOGA (improved Hybrid Optimization by Genetic Algorithms) es un programa desarrollado en C++ para optimización de Sistemas Híbridos de Energías Renovables para la generación de energía eléctrica (DC y/o AC) y/o Hidrógeno. El programa puede simular y optimizar sistemas de cualquier tamaño (desde sistemas con consumos del orden de pocos Wh diarios hasta sistemas con consumos de muchos MWh e incluso GWh diarios). También puede simular y optimizar sistemas conectados a la red, con o sin consumo propio, pudiendo definirse distintos casos de Balance Neto (Net Metering).

La optimización se refiere a la minimización de los costes totales del sistema a lo largo de su vida útil, trasladados o actualizados al momento inicial de la inversión (Valor Actual Neto, VAN). Es decir, la optimización en principio es económica (mono-objetivo). No obstante, el programa también permite la optimización multi-objetivo, donde no sólo se busca la minimización de costes, sino también la minimización simultánea de otras variables que selecciona el usuario (las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes y/o la Energía No Servida y/u otras variables).

Los elementos que pueden componer el sistema híbrido son: paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, turbina hidráulica, pila de combustible, tanque de H<sub>2</sub> y electrolizador, además de baterías, regulador de carga de las baterías, inversor (convertor DC/AC), rectificador (convertor AC/DC) y generador AC (que en general será una fuente no renovable si el combustible no lo es). Aunque sea posible la combinación de todos ellos, en muchos casos interesará que el sistema híbrido sólo incluya algunos de ellos.

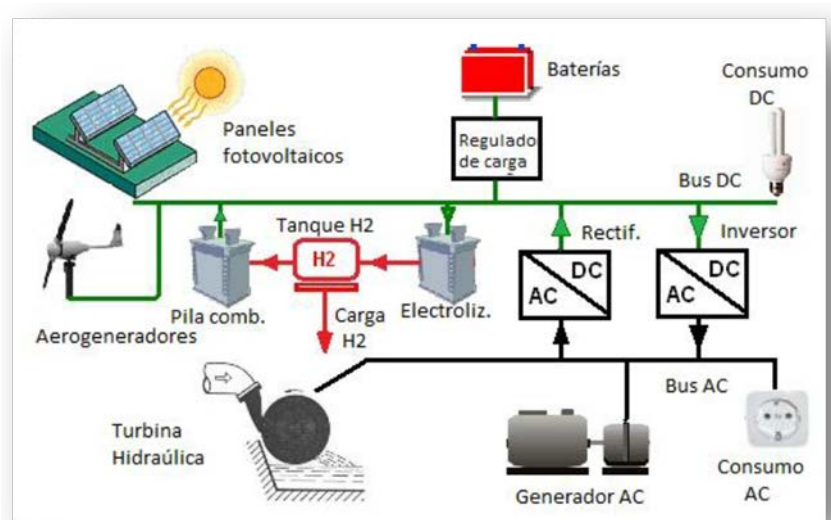


Ilustración 19. Elementos que pueden componer un sistema híbrido [1]

Las cargas del sistema pueden ser:

- Cargas eléctricas en corriente alterna (AC): aparatos eléctricos que consumen energía eléctrica AC.
- Cargas eléctricas en corriente continua (DC): aparatos eléctricos que consumen energía eléctrica DC.
- Cargas de Hidrógeno (producción de H<sub>2</sub> para consumo externo a la instalación, por ejemplo para alimentar vehículos eléctricos basados en pila de combustible).
- Consumo de agua procedente de un depósito de abastecimiento, agua que será previamente bombeada por una electrobomba desde un pozo o río hasta el depósito.

El programa también incorpora la posibilidad de vender energía eléctrica AC a la red (la energía sobrante que no se ha consumido en el sistema), comprar la energía no servida por las fuentes renovables a la red AC, así como vender el hidrógeno sobrante producido en el electrolizador y almacenado en el tanque. Se pueden simular instalaciones de energías renovables sin consumo y conectadas a red y estudiar su viabilidad económica. Se incluyen también la posibilidad de simular las distintas modalidades de "balance neto (net metering)": energético, económico, por períodos horarios... incluyendo los distintos borradores del real decreto de autoconsumo en España.

El programa optimiza tanto la combinación de elementos, como el control del sistema (basándose en dos estrategias básicas de control: "seguimiento de la demanda (load following)" o "carga cíclica (cycle charging)", pudiendo optimizar hasta 12 variables de control, que determinarán cuándo debe suministrar energía un componente u otro, hasta qué nivel deben cargarse las baterías, etc.).

Si los sistemas híbridos se diseñan y controlan de forma óptima, en muchos casos el coste de producción de cada kWh se reduce respecto de las instalaciones generadoras que sólo hacen uso de una única fuente de energía.

En resumen, iHOGA es una herramienta informática para el dimensionado óptimo de instalaciones híbridas contemplando la posibilidad de la inclusión de energías renovables tanto solar como eólica e hidráulica, junto con sistemas de apoyo basados en acumuladores (baterías), en grupo electrógeno (generador AC), y en pila de combustible. Para ello emplea algoritmos genéticos, los cuales hacen un estudio del coste y de las emisiones de contaminantes hasta llegar a una óptima relación del número y tipo de paneles, el número y tipo de aerogeneradores, el tipo de turbina hidráulica, el número y tipo de baterías, el tipo de generador AC, el tipo de electrolizador, el tipo de pila de combustible, el tanque de H<sub>2</sub>, el tipo de inversor, la potencia del rectificador, la corriente del regulador de carga de las baterías y la estrategia de operación de la instalación (ver Anexo 2 para más información sobre las estrategias de control). Esto sería para el caso más general, donde todos los elementos están presentes.

[1]

## 5.2 Casos Prácticos

Mediante el programa iHoga se realizan una serie de simulaciones para dimensionar el sistema. Para cada configuración, el programa simula un año completo, considerando que todos los años de vida del sistema serán iguales. Durante ese año, en intervalos de 1 hora, se obtienen todas las variables necesarias para definir el comportamiento del sistema. Dichas variables son:

- Las características de los elementos que componen el sistema.
- Las variables de control.
- Los datos de demanda energética.
- Los datos climatológicos.

Se considera el sistema estacionario de forma que en cada intervalo de una hora las variables permanecen constantes.

Basándose en el mismo consumo, localización y restricciones se ha realizado una comparación entre distintos tipos de sistemas. Partiendo de una serie de componentes (Paneles fotovoltaicos, inversor, baterías y generador AC) con los que realizaremos distintas configuración para comprobar que sistema es el que se ajusta mejor a nuestras necesidades (técnico-económicas).

Los sistemas que se van a dimensionar son los siguientes:

- 1- Simulación 1: Paneles Fotovoltaicos + Baterías + Inversor
- 2- Simulación 2: Generador AC + Inversor
- 3- Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor
- 4- Simulación 4: Paneles fotovoltaicos + Generador AC + Baterías + Inverso

Una vez concluidas todas las simulaciones se realizará una comparativa y se elegirá el sistema más rentable.



### 5.2.1 Localización

La ubicación elegida para desarrollar el proyecto es Villasequilla, Toledo. El sistema a dimensionar se instalaría en una casa particular con las siguientes coordenadas.



Villasequilla  
Toledo  
39.880180, -3.730415



*Ilustración 20. Localización de la instalación*

A través la página de la NASA se han obtenido los datos de la radiación solar de la ubicación seleccionada.

Tabla 2. Datos de la ubicación [26]

Latitud	Longitud	Elevación
39,88 N °	-3,73 °E	751 m

Tabla 3. Datos de la radiación solar en la ubicación [26]

Mes	Tª del aire	Humedad relativa del aire	Radiación solar horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del viento
	° C	%	kWh / m <sup>2</sup> / d	kPa	m / s
Enero	3.6	0,789	2.21	93.5	3.1
Febrero	5.3	70.1%	3.15	93.4	3.2
Marzo	9.3	0,552	4.44	93.2	3.3
Abril	12.2	0,485	5.31	92.9	3.4
Mayo	17.3	0,413	6.14	92.9	3.2
Junio	23.1	32.2%	7.15	93.1	3.1
Julio	26.4	0,278	7.29	93.1	3.2
Agosto	25.5	0,327	6.33	93.1	3.2
Septiembre	20.8	0,446	4,91	93.2	2.8
Octubre	14.7	0,588	3.28	93.2	2.8
Noviembre	8.6	0,72	2.31	93.2	2.8
Diciembre	4.9	0,794	1.85	93.4	3.0
Anual	14.3	0,535	4.53	93.2	3.1

La inclinación óptima de los paneles y el azimut<sup>1</sup>, son calculados por el programa a partir de los valores de la radiación solar y el consumo. El azimut tendrá un valor de 0° respecto al sur y se ajustará la inclinación con la optimización del sistema, por lo que para cada caso se elegirá la inclinación más favorable.

<sup>1</sup> Azimut: orientación respecto del sur, en el hemisferio norte el óptimo es 0°, es decir, mirando hacia el sur; en el hemisferio sur el óptimo es 180°, es decir, mirando hacia el norte; el azimut es positivo hacia el oeste, negativo hacia el este). [1]



## 5.2.2 Consumo

El consumo calculado a continuación será común para las distintas simulaciones realizadas. Se supondrá que en la vivienda elegida vive una familia de 6 miembros y dispone de los siguientes dispositivos:

Tabla 4. Lista de dispositivos de los que dispone la vivienda

Consumo						
Aparato	Modelo	Calificación energética	Nº Aparatos	Horas de utilización(h)	kwh	kwh/dia
Salón / Comedor						
Televisión	Samsung UE40H4200AW	A++	1	5	0,12	0,60
Reproductor DVD	Sony DVP-SR370	-	1	2	0,10	0,20
Bombillas	Philips	A	5	5	0,018	0,45
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	2,00	6,00
Teléfono	Alcatel Delta 180	-	1	1	0,01	0,01
Router	VG-8050	-	1	24	0,01	0,24
Cocina						
Frigorífico	Bosch KGN39V130	A++	1	24	0,22	5,28
Lavadora	Fagor F4810	A+++	1	2	1,02	2,04
Lavavajillas	Fagor LF011s	A+	1	2	0,53	1,06
Horno	Balay 3HT516X	A	1	1	0,75	0,75
Microondas	Teka MWE205G	-	1	0,83	0,87	0,72
Tostador	Ufesa TT7980	-	1	0,16	0,025	0,00
Cafetera electrica	Mulinex FG3608	-	1	0,5	0,18	0,09
Exprimidor	Braun MPZ-6	-	1	0,16	0,25	0,04
Batidora	Braun MQ520	-	1	0,67	0,25	0,17
Campana extractora	ENCASTRABLE INOX DESLIZAIR	-	1	1	0,12	0,12
Aspiradora	AEG AB1822EL	-	1	0,5	0,70	0,35
Fluorescente	LUMILUX T5 HE	-	2	4	0,032	0,26
Caldera	THEMAFAST F 30E H-MOD	-	1	2	3,50	7,00
Vitroceramica	BALAY 3EE721LS	-	1	1	4,40	4,40

Continuación de la tabla 4

Habitacion 1						
Bombillas	Philips	A	3	1	0,018	0,05
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	2,00	6,00
Habitacion 2						
Portatil	Asus A53S	-	1	1	0,04	0,04
Videoconsola	PS3	-	1	2	0,19	0,39
Bombillas	Philips	A	3	1	0,018	0,05
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	0,55	1,65
Television	Samsung UE40H4200AW	A++	1	2	0,12	0,24
Habitacion 3						
Portatil	Sony VAIO	-	1	1	0,04	0,04
Bombillas	Philips	A	2	1,5	0,018	0,05
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	0,55	1,65
Television	Samsung UE40H4200AW	A++	1	2	0,12	0,24
Habitacion 4						
Bombillas	Philips	A	2	1,5	0,018	0,05
Plancha	Braun Prostyle	-	1	0,33	1,00	0,33
Baño						
Secador	Remington D5210	-	1	0,33	0,52	0,17
Cepillo de dientes	Oral-B Vitality	-	5	0,67	0,08	0,27
Maquinilla de afeitar	Philips QT4015/16	-	1	0,67	0,00070	0,00
Plancha de pelo	ghd	-	1	0,33	0,50	0,17
Bombillas	Philips	A	4	1,5	0,018	0,11

Basándose en estos dispositivos se han simulado unos consumos para invierno y verano, puesto que son los meses con mayor consumo para determinar el consumo medio de la vivienda. A continuación se muestran unos ejemplos de posibles consumos en una hora determinada para las estaciones señaladas:

### Invierno ejemplo 1

Tabla 5. Ejemplo 1 de consumo en invierno

Consumo						
Aparato	Modelo	Calificación energética	Nº Aparatos	Horas de utilización(h)	kwh	kwh/día
Salón / Comedor						
Televisión	Samsung UE40H4200A	A++	1	5	0,12	0,60
Router	VG-8050	-	1	24	0,01	0,24
Cocina						
Frigorífico	Bosch KGN39VI30	A++	1	24	0,22	5,28
Horno	Balay 3HT516X	A	1	1	0,75	0,75
Fluorescente	LUMILUX T5 HE	-	2	4	0,032	0,26
Caldera	THEMAFAST F 30E H-MOD	-	1	2	3,50	7,00
Habitacion 2						
Videoconsola	PS3	-	1	2	0,19	0,39
Bombillas	Philips	A	3	1	0,018	0,05
Television	Samsung UE40H4200A	A++	1	2	0,12	0,24
Habitacion 3						
Portatil	Sony VAIO	-	1	1	0,04	0,04
Bombillas	Philips	A	2	1,5	0,018	0,05
Consumo Total						14,9kWh

## Invierno ejemplo 2

Tabla 6. Ejemplo 2 de consumo en invierno

Consumo						
Aparato	Modelo	Calificación energética	Nº Aparatos	Horas de utilización(h)	kwh	kwh/dia
Salón / Comedor						
Router	VG-8050	-	1	24	0,01	0,24
Cocina						
Frigorifico	Bosch KGN39VI30	A++	1	24	0,22	5,28
Lavavajillas	Fagor LF011s	A+	1	2	0,53	1,06
Cafetera electrica	Mulinex FG3608	-	1	0,5	0,18	0,09
Batidora	Braun MQ520	-	1	0,67	0,25	0,17
Campana extractora	ENCASTRABLE INOX	-	1	1	0,12	0,12
Aspiradora	AEG AB1822EL	-	1	0,5	0,70	0,35
Vitrocerámica	BALAY 3EE721LS	-	1	1	4,40	4,40
Habitacion 2						
Portatil	Asus A53S	-	1	1	0,04	0,04
Bombillas	Philips	A	3	1	0,018	0,05
Habitacion 3						
Portatil	Sony VAIO	-	1	1	0,04	0,04
Bombillas	Philips	A	2	1,5	0,018	0,05
Habitacion 4						
Plancha	Braun Prostyle	-	1	0,33	1,00	0,33
Baño						
Secador	Remington D5210	-	1	0,33	0,52	0,17
Bombillas	Philips	A	4	1,5	0,018	0,11
Consumo Total						12,51kWh

## Verano ejemplo 1

Tabla 7. Ejemplo 1 de consumo en verano

Consumo						
Aparato	Modelo	Calificación energética	Nº Aparatos	Horas de utilización(h)	kwh	kwh/dia
Salón / Comedor						
Televisión	Samsung UE40H4200	A++	1	5	0,12	0,60
Reproductor DVD	Sony DVP-SR370	-	1	2	0,10	0,20
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	2,00	6,00
Router	VG-8050	-	1	24	0,01	0,24
Cocina						
Frigorífico	Bosch KGN39VI30	A++	1	24	0,22	5,28
Vitrocaramica	BALAY 3EE721LS	-	1	1	4,40	4,40
Habitacion 2						
Videoconsola	PS3	-	1	2	0,19	0,39
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	0,55	1,65
Television	Samsung UE40H4200	A++	1	2	0,12	0,24
Bombillas	Philips	A	3	1	0,018	0,05
Habitacion 3						
Portatil	Sony VAIO	-	1	1	0,04	0,04
Consumo Total						19,10kWh

## Verano ejemplo 2

Tabla 8. Ejemplo 2 de consumo en verano

Consumo						
Aparato	Modelo	Calificación energética	Nº Aparatos	Horas de utilización(h)	kwh	kwh/día
Salón / Comedor						
Televisión	Samsung UE40H4200	A++	1	5	0,12	0,60
Router	VG-8050	-	1	24	0,01	0,24
Cocina						
Frigorífico	Bosch KGN39VI30	A++	1	24	0,22	5,28
Lavadora	Fagor F4810	A+++	1	2	1,02	2,04
Horno	Balay 3HT516X	A	1	1	0,75	0,75
Habitacion 2						
Portatil	Asus A53S	-	1	1	0,04	0,04
Bombillas	Philips	A	3	1	0,018	0,05
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	0,55	1,65
Habitacion 3						
Portatil	Sony VAIO	-	1	1	0,04	0,04
Aire acondicionado	Fujitsu ASY35UILLC	A	1	3	0,55	1,65
Habitacion 4						
Bombillas	Philips	A	2	1,5	0,018	0,05
Plancha	Braun Prostyle	-	1	0,33	1,00	0,33
Baño						
Secador	Remington D5210	-	1	0,33	0,52	0,17
Bombillas	Philips	A	4	1,5	0,018	0,11
Consumo Total						13,01kWh

A partir de estos ejemplos se determina un consumo de **14.91kwh/día**.

El programa requiere los valores horarios medios mensuales que son los que se muestran a continuación en la tabla 9. En la versión utilizada del programa no se puede introducir un consumo mayor de 10kWh/día, por lo que el programa ajusta el consumo introducido a dicho valor.

Se tendrá en cuenta una cierta variabilidad sobre el consumo a la hora de realizar las simulaciones:

- Variabilidad diaria: 30%
- Variabilidad horaria: 15%

Tabla 1. Consumo medio horario

Hora	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	TOTAL
0	380,00	340,00	500,00	475,00	460,00	661,00	696,00	711,00	500,00	515,00	540,00	535,00	526,08
1	310,00	270,00	410,00	385,00	370,00	322,00	357,00	372,00	380,00	395,00	420,00	415,00	367,17
2	200,00	160,00	320,00	295,00	280,00	250,00	285,00	300,00	280,00	295,00	320,00	315,00	275,00
3	198,00	158,00	280,00	255,00	240,00	185,00	220,00	250,00	185,00	200,00	225,00	220,00	218,00
4	200,00	160,00	220,00	195,00	180,00	200,00	235,00	250,00	180,00	195,00	220,00	215,00	204,17
5	210,00	170,00	220,00	195,00	180,00	200,00	235,00	250,00	195,00	210,00	235,00	230,00	210,83
6	300,00	260,00	250,00	225,00	210,00	250,00	285,00	300,00	200,00	215,00	240,00	235,00	247,50
7	400,00	360,00	310,00	285,00	270,00	300,00	335,00	350,00	330,00	345,00	370,00	365,00	335,00
8	480,00	440,00	400,00	375,00	360,00	380,00	415,00	430,00	406,00	421,00	446,00	441,00	416,17
9	610,00	570,00	440,00	415,00	400,00	480,00	515,00	530,00	500,00	515,00	540,00	535,00	504,17
10	750,00	710,00	510,00	485,00	470,00	730,00	765,00	780,00	550,00	565,00	590,00	585,00	624,17
11	910,00	870,00	600,00	575,00	560,00	910,00	945,00	960,00	630,00	645,00	670,00	665,00	745,00
12	1.100,00	1.060,00	740,00	715,00	700,00	1.120,00	1.155,00	1.170,00	750,00	765,00	790,00	785,00	904,17
13	1.150,00	1.110,00	850,00	825,00	810,00	1.200,00	1.235,00	1.250,00	880,00	895,00	920,00	915,00	1.003,33
14	1.180,00	1.140,00	910,00	885,00	870,00	1.220,00	1.255,00	1.270,00	950,00	965,00	990,00	985,00	1.051,67
15	1.100,00	1.060,00	830,00	805,00	790,00	1.100,00	1.135,00	1.150,00	869,00	884,00	909,00	904,00	961,33
16	810,00	770,00	620,00	595,00	580,00	986,00	1.021,00	1.036,00	600,00	615,00	640,00	635,00	742,33
17	730,00	690,00	530,00	505,00	490,00	700,00	735,00	750,00	550,00	565,00	590,00	585,00	618,33
18	750,00	710,00	500,00	475,00	460,00	630,00	665,00	680,00	520,00	535,00	560,00	555,00	586,67
19	925,00	885,00	720,00	695,00	680,00	600,00	635,00	650,00	730,00	745,00	770,00	765,00	733,33
20	1.125,00	1.085,00	826,00	801,00	786,00	750,00	785,00	800,00	840,00	855,00	880,00	875,00	867,33
21	1.275,00	1.235,00	996,00	971,00	956,00	800,00	835,00	850,00	1.000,00	1.015,00	1.040,00	1.035,00	1.000,67
22	1.300,00	1.260,00	986,00	961,00	946,00	850,00	885,00	900,00	986,00	1.001,00	1.026,00	1.021,00	1.010,17
23	980,00	940,00	687,00	662,00	647,00	760,00	795,00	810,00	687,00	702,00	727,00	722,00	759,92



A continuación se muestran unas gráficas con los consumo pertenecientes a los meses de invierno, primavera, verano y otoño obtenidas a partir de la tabla de consumos.

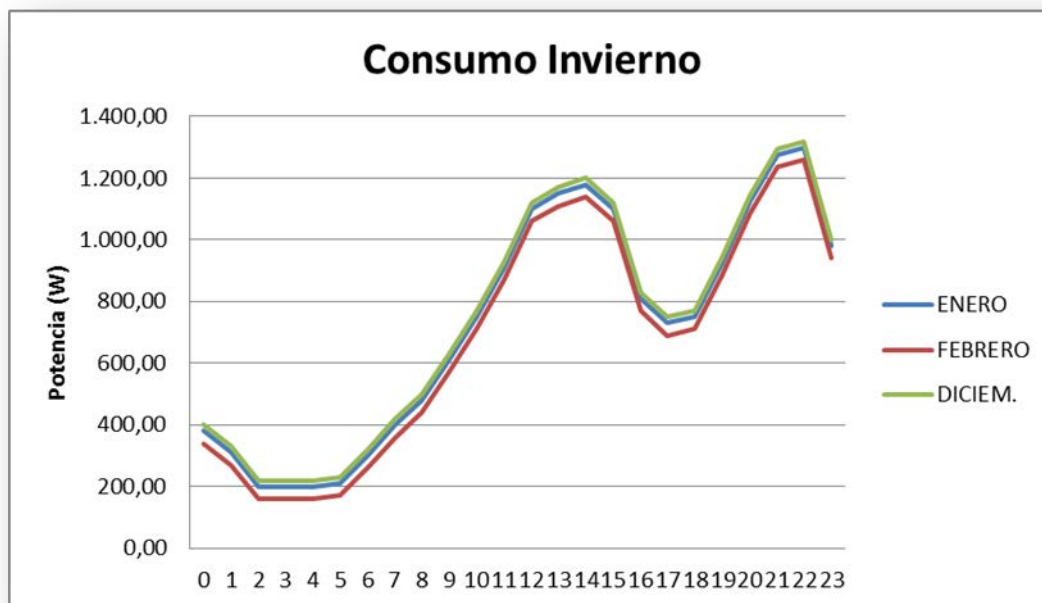


Ilustración 21. Gráfica del consumo en invierno

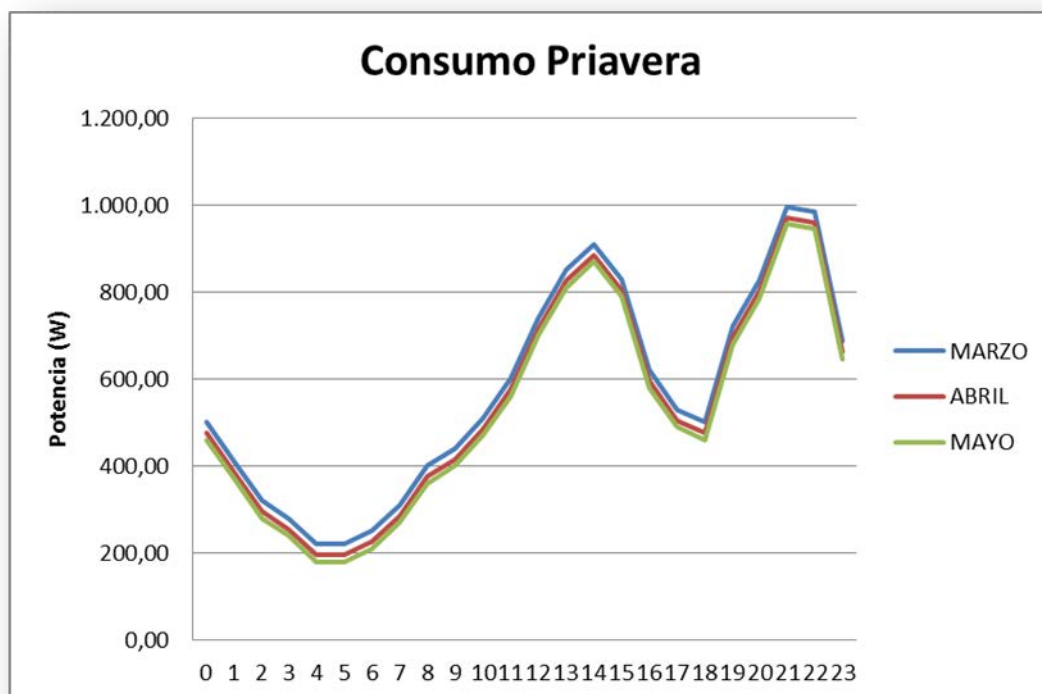


Ilustración 22. Gráfica del consumo en primavera

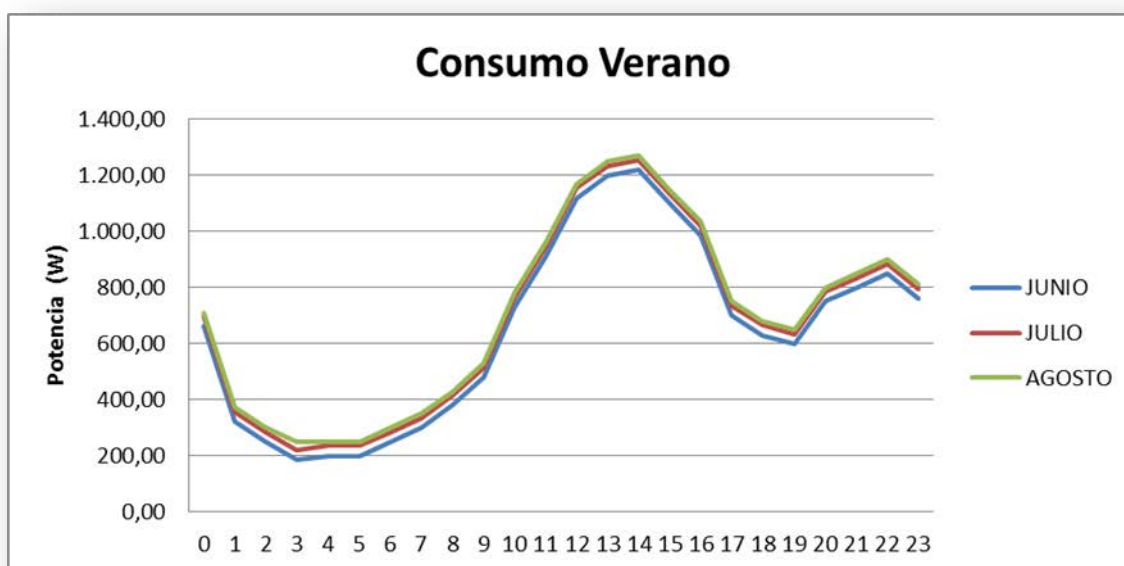


Ilustración 23. Gráfica del consumo en verano

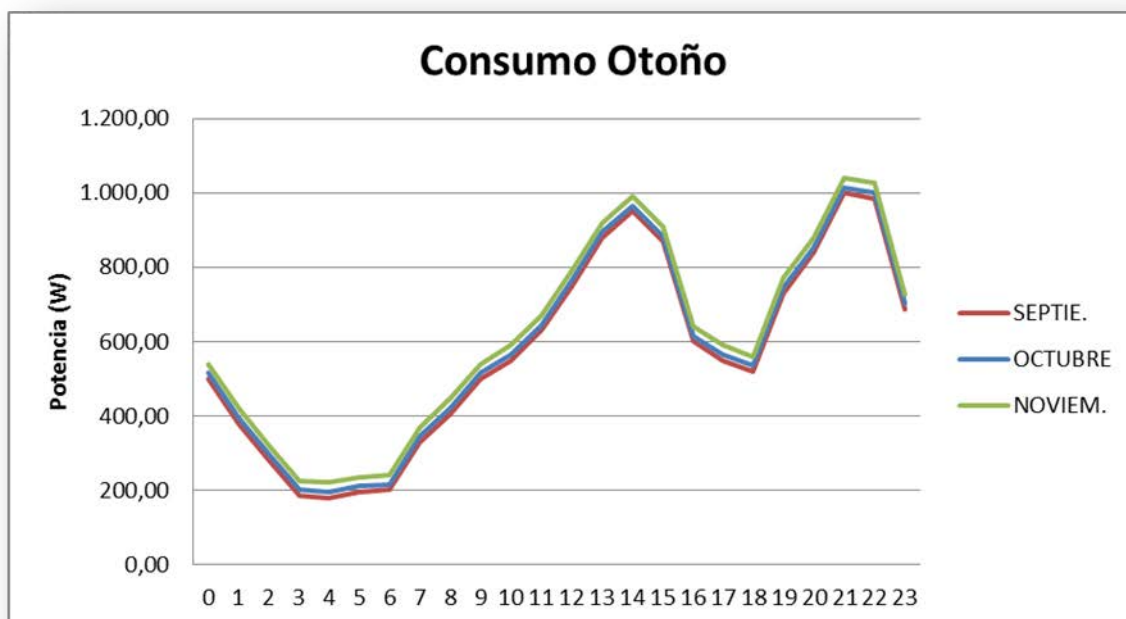


Ilustración 24. Gráfica del consumo en otoño

### 5.2.3 Restricciones

El programa permite introducir una serie de restricciones para que el sistema se ajuste más a las necesidades de la instalación:

**a) Energía no servida máxima permitida (%):** Es la energía que demandan las cargas y no ha podido ser suministrada por el sistema. En un sistema conectado a red esta energía no servida podrá ser cubierta por la red, pero en este caso se dispone de un sistema aislado por lo que no es posible tener energía no servida. Por ello, para evitar tener consumo sin cubrir como energía no servida máxima permitida se ha fijado un 0%.

**b) Autonomía mínima de las baterías (días):** En este apartado se indica la capacidad de las baterías para cubrir el consumo en caso de que la generación principal no funcione o no esté disponible. Se considerará una autonomía mínima de 3 días.

**c) Capacidad nominal del banco de baterías (Ah):** Es necesario para que las baterías puedan ser cargadas correctamente por las fuentes renovables. Se mantendrá activa la siguiente casilla para los casos en los que se disponga del generador AC:

*“si hay Generador AC o Pila Comb combustible externo o Compra E no servida a red AC, no tener en cuenta esta condición”*

En los casos en los que no se disponga del generador AC y solo exista fuente renovable, la capacidad nominal de la batería estará determinada por la siguiente expresión:

$$Ah < CR \times [I_{cc} \text{ (A) del generador fotovoltaico} + I_{bus_{DC}} \text{ del aerogenerador a } 14m/s]$$

El valor CR se puede estimar según los valores recomendados por la Norma Técnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domésticos.

Tabla 10. Valor de CR según la Norma Técnica Universal [1]

Tipo de Batería	CR	
	Obligatorio	Recomendado
Tubular	20	15
SLI:		
- Clásica	40	30
- Modificada	40	35
- Bajo-mantenimiento	40	30

\*SLI: Starting, Lighting, Ignition.

Esta tabla está referida para C20, es decir, para descarga en 20 horas. Si la capacidad nominal de las baterías está referida a otro régimen (C40, C100, etc) habrá que tener en cuenta

$$\frac{C_{100}}{C_{20}} = 1,25 \quad \frac{C_{40}}{C_{20}} = 1,14$$

Se ha considerado un valor de  $CR = 20$ , según la tabla, para los casos en los que no se disponga del generador AC.

**d) Fracción de renovable mínima (%):** mínimo porcentaje de la demanda que debe cubrirse con la fuente renovable. En nuestro caso se ha establecido un 0%, al no estar conectados a la red. Se diseñará un sistema para que la energía siempre sea cubierta en la mayor medida posible por energías renovables.

**e) Coste actualizado de la energía (€/kWh):** máximo precio permitido para el kWh. Este dato es importante para los casos en que existe conexión a la red. Para estas simulaciones no es necesario definir dicho valor, ya que se considera un sistema aislado de la red.

[1]

## 5.2.4 Tipo de optimización

Se puede elegir entre dos métodos:

1- Optimización mono-objetivo: Se busca la solución más económica, es decir, la de menor coste total a lo largo de la vida útil (VAN).

2- Optimización multi-objetivo: Se pueden optimizar varios objetivos, a elegir entre:

- a. Menor coste total (VAN) frente a Emisiones de  $CO_2$
- b. Menor coste total (VAN) frente a Energía No Servida
- c. Objetivo triple, se optimizan tres objetivos a elegir entre: menor coste total (VAN), Emisiones de  $CO_2$ , Energía No Servida, Índice de desarrollo humano (IDH) y la creación de empleo (maximizarlos).
- d. Todos, se optimiza teniendo en cuenta todas las posibilidades.

Para todas las simulaciones se ha elegido la opción de optimización multi-objetivo con el fin de analizar los factores mencionados en los objetivos de este proyecto.

[1]

## 5.2.5 Estrategia de control

Existen tres posibilidades:

1- Seguimiento de la demanda: Para sistemas que incluyen baterías o generador AC. Cuando la fuente renovable no es capaz de satisfacer toda la demanda, las baterías se encargan de cubrir el déficit. En caso de que las baterías no puedan hacer frente a esa situación se activará el generador.

2- Carga cíclica: Utiliza el mismo sistema que la anterior, con la diferencia de que en caso de que tenga que hacerse uso del generador AC, este funcionará a su potencia nominal, de forma que la potencia que no necesite para cubrir la demanda se utilizara para cargar las baterías.

Si activamos la opción “Seguir hasta SOC<sup>2</sup> stp” el generador seguirá funcionando a la potencia nominal hasta que la carga de las baterías llegue al valor de la variable SOC setpoint, que tendrá un valor del 95%.

3- Probar ambas: En este caso el programa realiza los cálculos de diseño del sistema probando ambas opciones.

En todas las simulaciones utilizaremos la última opción, porque de este modo siempre elegiremos la opción óptima.

[1]

## 5.2.6 Datos económicos

El programa permite realizar un estudio económico donde se calculan las distintas cuotas anuales del préstamo, así como la inversión inicial necesaria.

- Parámetros económicos:
  - Intereses del mercado (precio del dinero): 0.37%
  - Inflación esperada general (O&M): 0.1%
  - Tasa de descuento general: 0.27%
  - Periodo de estudio: 25 años
  - Moneda: €
  - Cableado, instalación y costes variables iniciales: 390€ fijo + 0.2% sobre coste inicial
- Préstamo:
  - Cantidad prestada: 80% del coste inicial de la inversión
  - Interés del préstamo: 4,5%
  - Duración del préstamo: 10 años

[24]

---

<sup>2</sup> SOC (State of charge): estado de carga de las baterías

### 5.2.7 Características de los dispositivos

El programa dispone de una amplia base de datos de todos los dispositivos que serán los que se utilicen para realizar las simulaciones.

- **Generador FV:** En un primer cálculo se partirá de todos los modelos disponibles en la base de datos y a partir del pre-dimensionado y la primera solución que se obtiene del programa se elegirá el generador que más convenga para cada caso.
- **Generador AC:** Se elegirá el generador diésel en función del pre-dimensionado que se obtiene del programa. A partir de la primera solución se ajustarán las características de dicho generado:
  - $P_{min}$ : potencia mínima a la que puede funcionar el generador.
  - $P_1$ : potencia a la cual empieza a funcionar el generador.
  - $P_{crit}$ : si  $P < P_{crit}$  el generador funcionará a la máxima potencia, siempre y cuando no se pierda energía, y cargando las baterías hasta que el SOC alcance el 20%.
- **Baterías:** En un primer cálculo se partirá de todos los modelos disponibles en la base de datos y a partir del pre-dimensionado y la primera solución que se obtiene del programa se elegirá la batería que más convenga para cada caso.
- **Inversor:** Teniendo en cuenta las características que debe tener el inversor según el pre-dimensionado elegiremos como primera opción un inversor que incluya cargador con regulador MPPT.

## 6. Casos prácticos

### 6.1 Simulación 1: Generador FV + Batería + Inversor

En esta primera simulación se va a configurar un sistema formado por un generador fotovoltaico, un banco de baterías y un inversor. No se dispondrá de ninguna generación auxiliar, salvo las baterías para acumular la energía en exceso y que actúen cuando no lo haga el generador fotovoltaico.

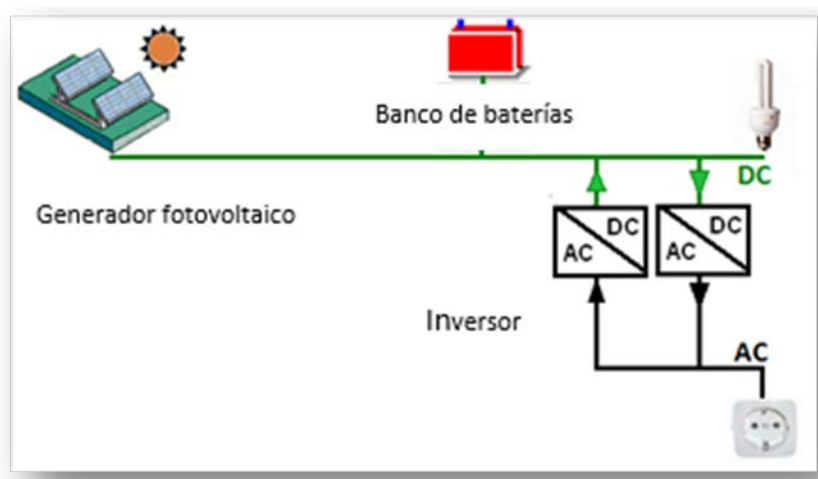


Ilustración 25. Simulación 1: Generador FV + Baterías + Inversor

Realizando un pre-dimensionado el programa proporciona una configuración recomendada con las siguientes características:

#### POTENCIAS MAXIMAS RECOMENDADAS

- Generador FV: 5,4kWp
- Generador AC: 1,3kVA
- Inversor: 1,3kVA

#### ALMACENAMIENTO ENERGETICO PARA 3 DIAS DE AUTONOMIA

- Energía máxima al día DC x1,2: 17,8kW/día
- Capacidad banco de baterías: 1851Ah (88,9kWh)

#### MAXIMO NUMERO DE COMPONENTES EN PARALELO

- Máximo paneles: 10
- Máximo baterías: 2

En un primer cálculo basado en esas características se obtiene el siguiente sistema (caso 1):

- Generador FV: Formado por 2 serie X 8 paralelo paneles de 280Wp a 40º de inclinación proporcionando 4,48kWp.
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de capacidad nominal (Cn):915Ah proporcionando 43,9kWh y 3 días de autonomía.
- Inversor: 4000 VA, incluye regulador y sin rectificador.
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda.
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 264 kg CO<sub>2</sub>/año.
- Energía en exceso: 2604kWh
- Coste total: 32338€

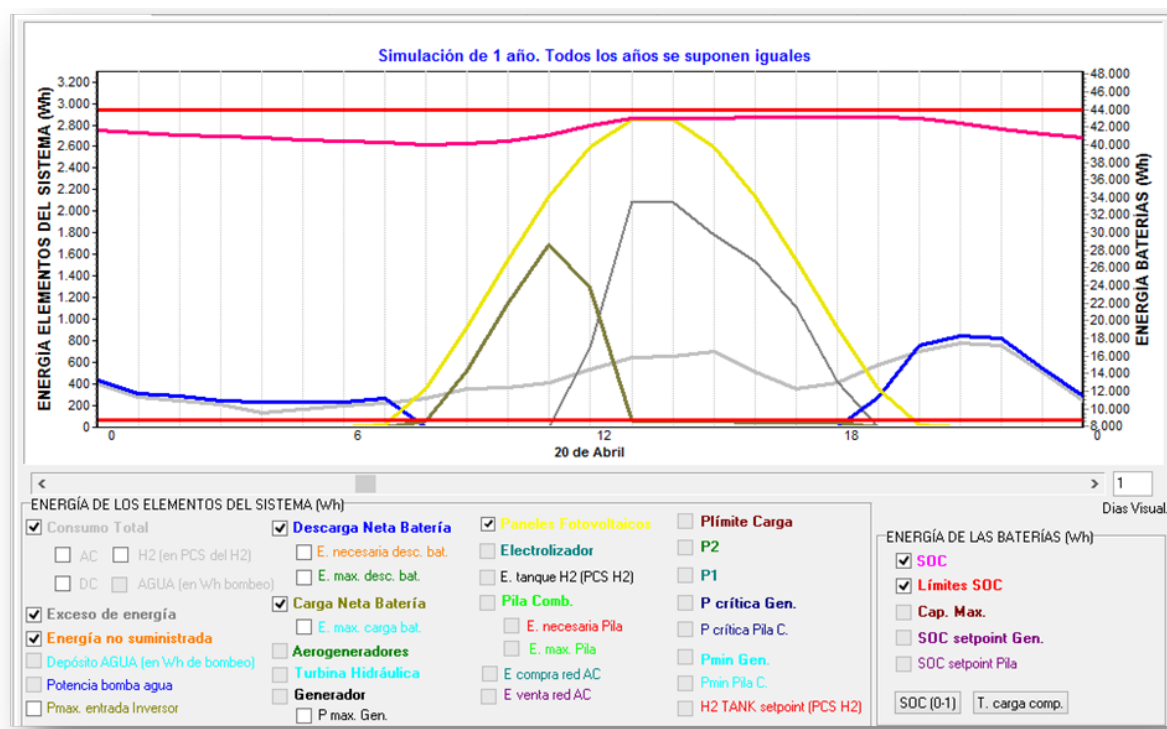


Ilustración 26. Simulación de un día de la instalación de la simulación 1, caso 1

En la gráfica se muestra la simulación del sistema durante un día, en este caso el 20 de Abril. En amarillo se muestra la energía generada por el generador fotovoltaico, en gris claro el consumo correspondiente a ese día, en verde oscuro la carga neta de las baterías, en azul la descarga neta de las baterías y en gris el exceso de energía.



Se ha elegido este día porque se puede observar claramente que la demanda es cubierta completamente por la generación y en las horas que no actúa el generador la demanda es cubierta por las baterías.

El problema es que aunque la energía generada por el generador fotovoltaico se encarga de cubrir la demanda y cargar las baterías sigue habiendo un gran exceso de energía.

Para solucionar este problema primero se ha intentado reducir la potencia de los paneles, así además de reducir la energía en exceso se reducirá también el coste total del sistema y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para reducir la potencia del generador fotovoltaico se puede elegir un panel de menor potencia o mantener el panel elegido pero reducir el número de paneles en paralelo.

Con la primera opción se ha elegido un panel de menor potencia, obteniendo así el siguiente sistema (Caso 2):

- Generador FV: formado por 2 serie X 11 paralelo paneles de 190Wp a 40º inclinación proporcionando 4,18kWp.
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de Cn: 915Ah proporcionando 43,9kWh y 3 días de autonomía
- Inversor: 4000 VA, incluye regulador y sin rectificador.
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 254 kg CO<sub>2</sub>/año
- Energía en exceso: 2136kWh
- Coste total: 31808€

De esta forma se ha logrado reducir la energía generada en exceso un 18%, el coste total del sistema en un 1,64% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 3,78%, todo ello respecto al caso 1.

Se prueba con la segunda opción, manteniendo el panel de 280Wp pero reduciendo el número de paneles que forman el generador fotovoltaico y se obtiene la siguiente solución (Caso 3):

- Generador FV: formado por 2 serie X 7 paralelo paneles de 280Wp a 60º inclinación proporcionando 3,19kWp.
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de Cn: 915Ah proporcionando 43,9kWh y 3 días de autonomía
- Inversor: 4000 VA, incluye regulador y sin rectificador.
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 246 kg CO<sub>2</sub>/año
- Energía en exceso: 1209kWh
- Coste total: 31318€

Con esta solución se ha conseguido reducir el coste total del sistema un 1,59%, la energía generada en exceso un 43,39% y las emisiones de CO<sub>2</sub> un 3,14%, todo ello respecto al caso 2.

Comparando las tres soluciones obtenidas:

*Tabla 11. Comparación de los datos obtenidos en la simulación 1*

	Coste Total	Energía generada en exceso	Emisiones de CO <sub>2</sub>
<b>Caso 1</b>	32338€	2604kWh	264 kg CO <sub>2</sub> /año
<b>Caso 2</b>	31808€	2136kWh	254 kg CO <sub>2</sub> /año
<b>Caso 3</b>	31318€	1209kWh	246 kg CO <sub>2</sub> /año

Se ha elegido el último caso por ser el más económico, el que tiene menor energía generada en exceso y menores emisiones de CO<sub>2</sub>. A continuación se muestra el sistema elegido con más detalle.

- 1- **Generador fotovoltaico:** Formado por 14 paneles (2 serie x 7 paralelo) PV SiP24-Atersa: A280P de 280Wp proporcionando una **Potencia Total de 3,92kWp, con 60° de inclinación.**

**PV SiP24-Atersa: A280P**

- Tensión nominal: 24V
- Intensidad de cortocircuito: 8,39A
- Potencia nominal: 280Wp
- Coste de adquisición: 350€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 3,5€/año
- TONC(Temperatura de Operación Nominal de la Célula): 47°C
- Vida esperada: 25años
- Emisiones de CO<sub>2</sub> en fabricación y recic.: 800KgCO<sub>2</sub>equiv./kWp

- 2- **Inversor:** XANTREX: XW4548-230, pot. nominal 4000 VA. Incluye regulador y sin rectificador.

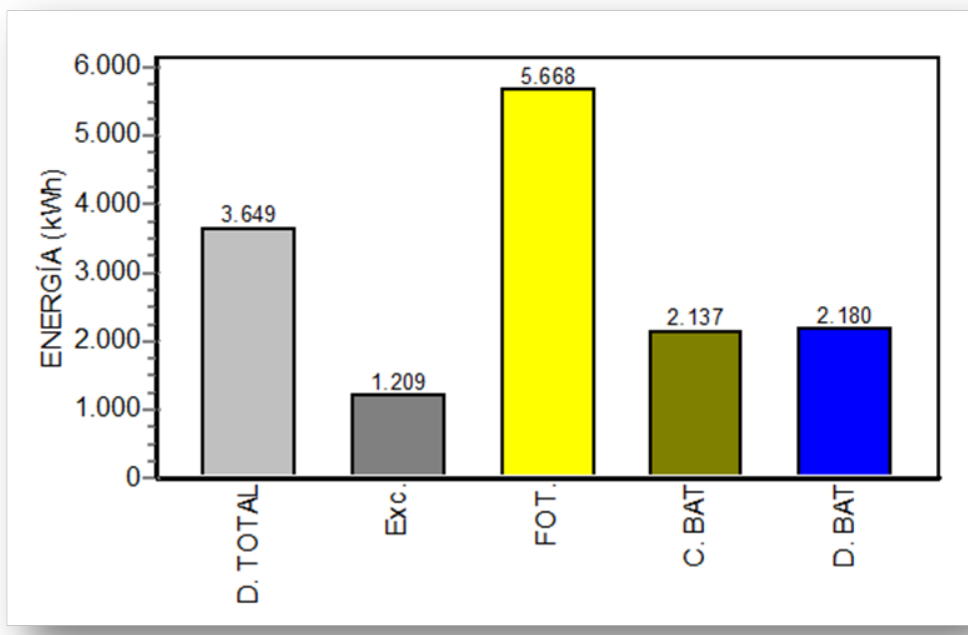
- 3- **Banco de Baterías:** Formado por 24 baterías en serie, OPZS-Hoppecke: 80 (Cn=915A·h), proporcionando una **Energía Total de 43,9kWh y 3 días de autonomía.**

**OPZS-Hoppecke: 1000**

- Capacidad nominal: 915Ah
- Tensión nominal: 2V
- Coste de adquisición: 363€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 3,63€/año
- SOCmin:20%
- Coeficiente de auto descarga: 3%mes
- Corriente máxima: 183A
- Eficiencia global: 85

El sistema utiliza una estrategia de control de “**seguimiento de la demanda**”, en la cual si la potencia producida por el generador fotovoltaico es superior al consumo, las baterías se cargan con la potencia sobrante y si la potencia producida por el generador fotovoltaico es inferior al consumo la potencia que falte deben suministrarla las baterías.

### Balance de energías



*Ilustración 27. Balance de energías de la simulación 1*

Energía Total Demandada: 3650kWh/año. Cubierta por la renovable al 100%

Energía producida en Exceso: 1209kWh/año

Energía No Servida: 0kWh/año (0 % de la demandada)

Energía generada por los Paneles Fotovoltaicos: 5668kWh/año

Energía cargada en las baterías: 2137kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 2180kWh/año

Vida de las baterías: 20 años

Emisiones totales de CO<sub>2</sub>: 246kg CO<sub>2</sub>/año

## Simulación del sistema

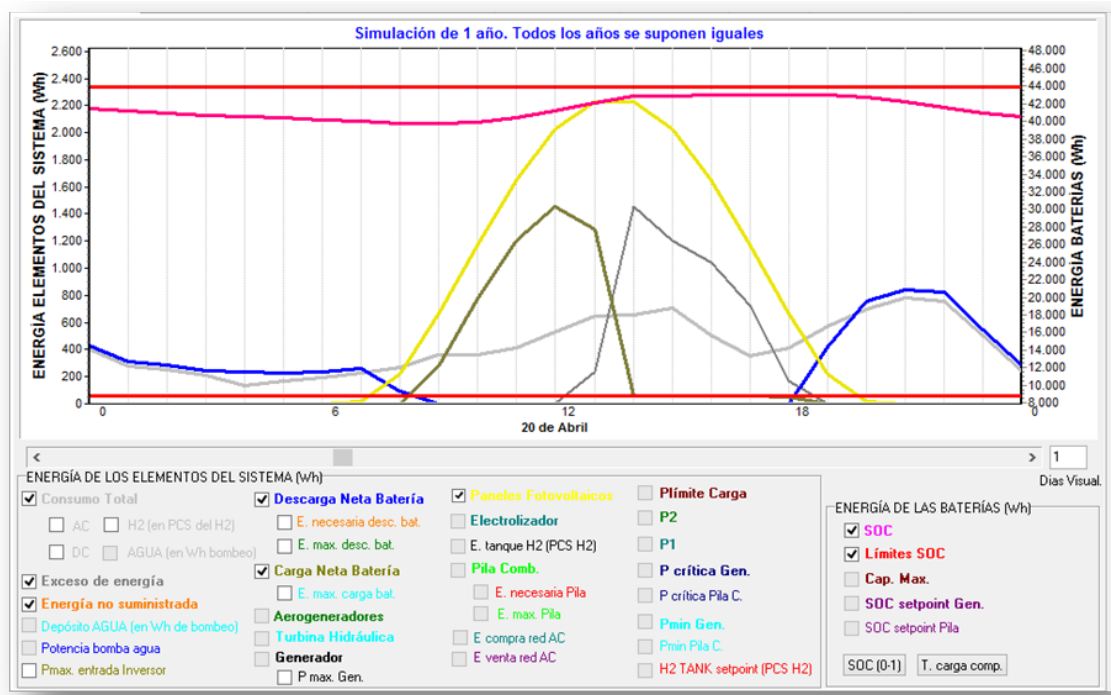


Ilustración 28. Simulación de un día de la instalación de la simulación 1

En la gráfica se muestra la simulación del sistema durante un día, el 20 de Abril, igual que en el caso 1. En amarillo se muestra la energía generada por el generador fotovoltaico, en gris claro el consumo correspondiente a ese día, en verde oscuro la carga neta de las baterías, en azul la descarga neta de las baterías y en gris claro el exceso de energía.

El sistema diseñado es más económico frente al caso en que solo exista conexión a la red (32380€) y además se cubre completamente la demanda.

El generador se encarga de cubrir el consumo y cargar las baterías durante sus horas de funcionamiento (entre las 8h y las 19h aproximadamente). El resto del día son las baterías las que se encargan de cubrir el consumo.

## Balance de potencias

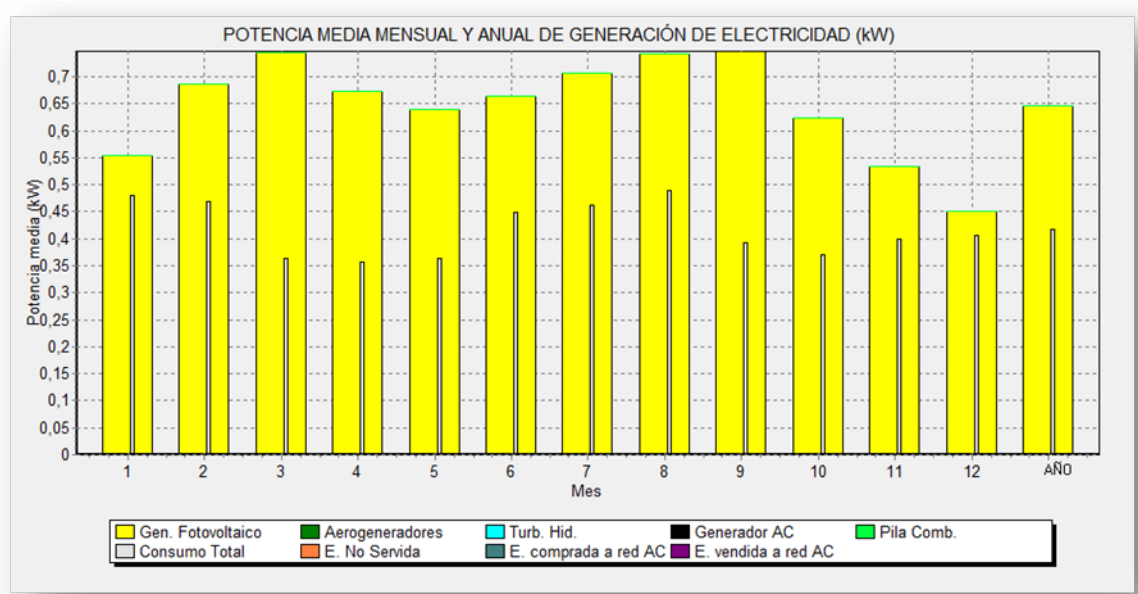


Ilustración 29. Balance de potencias de la simulación 1

En esta gráfica se muestra en amarillo el valor de la potencia media generada, en kW, para cada mes y en la última columna (13) la potencia media generada anual. También se observa en blanco el valor del consumo de cada mes y en la última el consumo anual. La diferencia entre la barra blanca y la amarilla es el exceso de energía para cada mes y anual.

## Presupuesto

El programa calcula la rentabilidad del sistema a través del cálculo del VAN. En el Anexo 2 se muestra la tabla del cálculo de dicho VAN.

- Coste total del sistema: 31318€
  - Coste grupo fotovoltaico: 7339€
  - Coste banco baterías: 14192€
  - Coste inversor: 5888€
- Coste inicial de la inversión: 16722€
  - Préstamo del 80%: 1690,7€/año

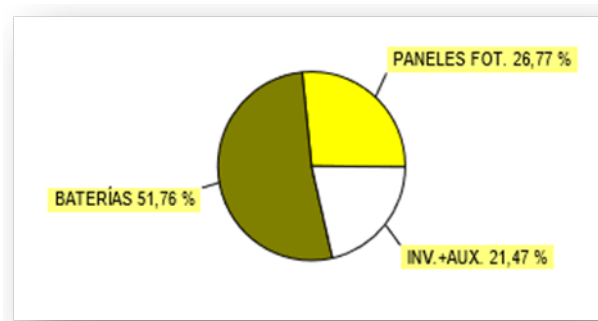
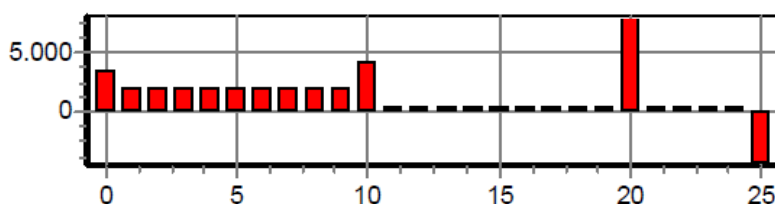


Ilustración 30. Gráfico de los costes de la simulación 1

En las siguientes gráficas se muestran en rojo los costes de adquisición, remplazamiento e ingresos por venta final de cada dispositivo de la instalación y en azul los costes de operación y mantenimiento.

COSTE TOTAL (VAN): 31318,8 €



Coste financiación inicial (VAN): pago inicial + cuotas préstamo: 19912,1 €

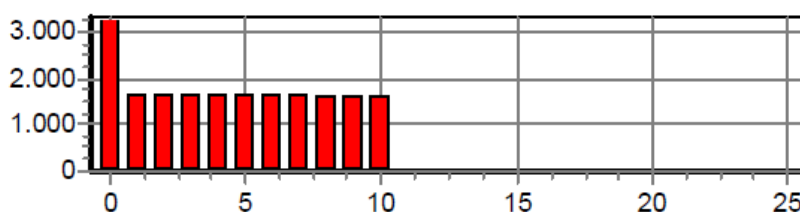
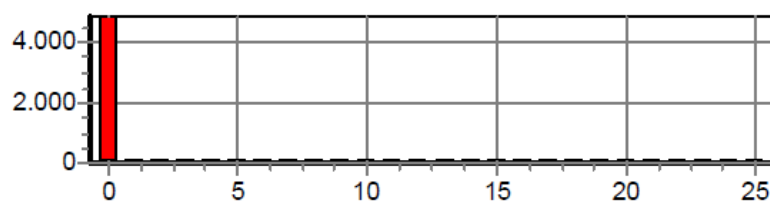
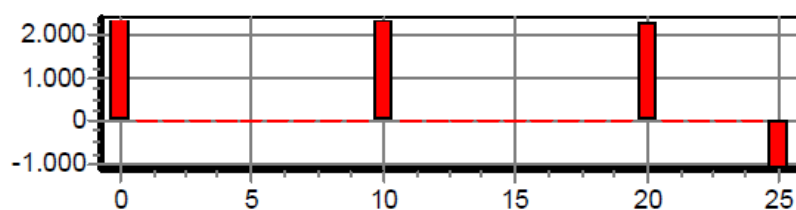


Ilustración 31. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 1 (1)

Coste total Gen. Fotovoltaico (VAN): 7338,6 €



Coste total Inversor (VAN): 5888,5 €



Coste total Banco Baterías (VAN): 14191,6 €

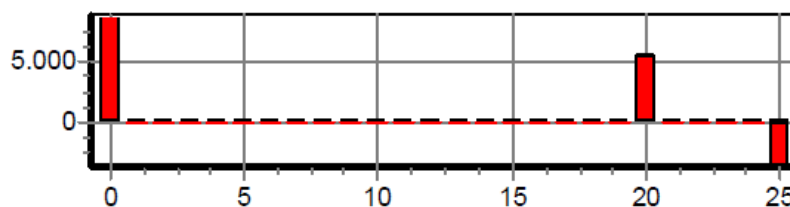


Ilustración 32. Ilustración 31. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 1 (2)



En el siguiente presupuesto están detallados los costes de la instalación del sistema.

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada</b>					
<b>01.01</b>		<b>Generador Fotovoltaico</b>			
U45BC155	14,000 Ud	Panel SiP24-Schott: Mono 280	350,00	4.900,00	
U45AA100	2,000 Hr	Oficial 1ª instalador E.S.F. (A)	12,55	25,10	
U45AA200	4,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	32,64	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			57,74
		Materiales .....			4.956,21
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>5.013,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL TRECE EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
<b>01.02</b>		<b>Banco de Baterías</b>			
08NAA90001	24,000 u	Batería OPZS-Hoppecke 800	363,00	8.712,00	
U45AA100	2,000 Hr	Oficial 1ª instalador E.S.F. (A)	12,55	25,10	
U45AA200	4,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	32,64	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			57,74
		Materiales .....			56,21
		Otros .....			8.712,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>8.825,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL OCHOCIENTOS VEINTICINCO EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
<b>01.03</b>		<b>Inversor</b>			
U45DC130	1,000 Ud	Inversor XANTREX: XW458-230	2.400,00	2.400,00	
U45AA200	1,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	8,16	
		Mano de obra .....			8,16
		Materiales .....			2.400,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2.408,16</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUATROCIENTOS OCHO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS					
<b>01.04</b>		<b>Protecciones</b>			
U45GH100	1,000 Ud	Equipo auxiliares protección y mando	156,78	156,78	
U45HA200	2,000 Ud	Puesta a tierra	14,12	28,24	
		Materiales .....			185,02
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>185,02</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS					

[27]

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

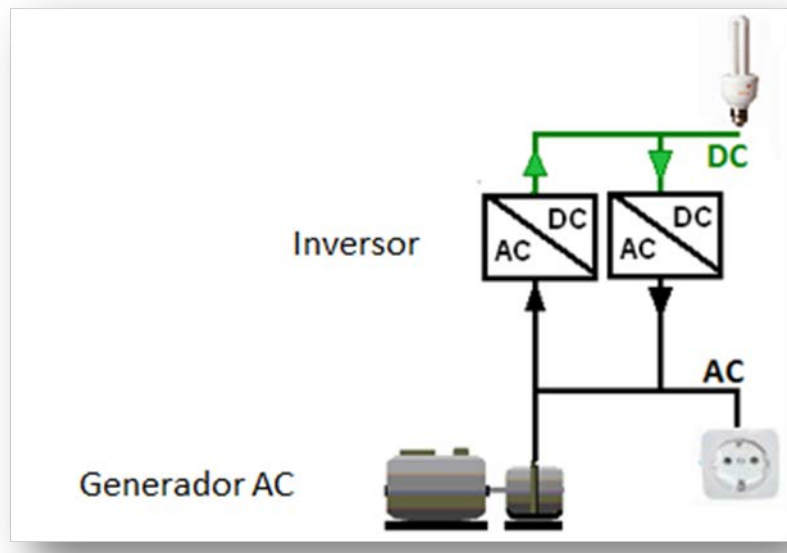
CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada.....	16.433,08	100,00
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>16.433,08</b>	
	13,00% Gastos generales.....	2.136,30	
	6,00% Beneficio industrial.....	985,98	
SUMA DE G.G. y B.I.		3.122,28	
	21,00 % I.V.A.....	4.106,63	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>23.661,99</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>23.661,99</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTITRES MIL SEISCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

[27]

## 6.2 Simulación 2: Generador AC + Inversor

En este caso se va a configurar un sistema en el que el consumo es cubierto únicamente por un generador AC.



*Ilustración 33. Simulación 2: Generador AC + Inversor*

Realizando un pre-dimensionado el programa proporciona una configuración recomendada con las siguientes características:

### POTENCIAS MAXIMAS RECOMENDADAS

- Generador AC: 1,3kVA
- Inversor: 1,3kVA

### ALMACENAMIENTO ENERGETICO PARA 3 DIAS DE AUTONOMIA

- Energía máxima al día DC x1,2: 17,4kW/día
- Capacidad banco de baterías: 1810Ah (86,9kWh)

En un primer cálculo basado en esas características se obtiene el siguiente sistema:

- Generador AC: Diésel 1.9kVA de potencia nominal 1,9kVA. P<sub>min</sub>:570W
- Inversor: 4000 VA sin rectificador
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 9690 kg CO<sub>2</sub>/año
- Energía en exceso: 1645kWh
- Coste total: 190970€

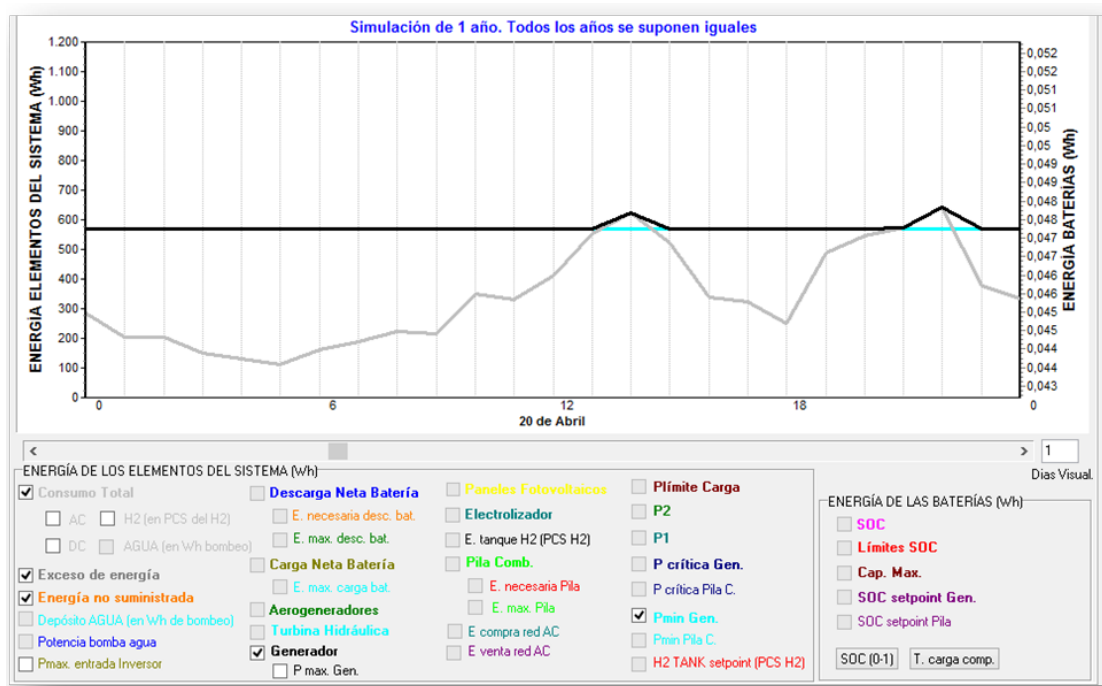


Ilustración 34. Simulación de un día de la instalación de la simulación 2, caso 1

En la gráfica se muestra la simulación del sistema durante un día, en este caso el 20 de Abril igual que en la simulación anterior. En gris claro se muestra el consumo correspondiente a ese día, en negro la energía generada por el generador AC, en gris el exceso de energía y en azul claro la P<sub>min</sub> del generador.

La demanda es cubierta completamente por el generador AC, pero este genera una gran cantidad de energía en exceso lo que supone un gran coste en combustible. Para solucionar este problema se ha intentado ajustar la generación del generador AC al consumo modificando las características del mismo.

En este caso el motor está diseñado para funcionar a partir de la potencia mínima establecida por el fabricante, 570W, como se observa en la gráfica. Para conseguir que esta generación se adecue al consumo se ha reducido la potencia mínima a 50W, valor un poco inferior al mínimo valor del consumo.

Realizando este cambio se obtiene un sistema con las siguientes carteristas:

- Generador AC: Diésel 1.9kVA de potencia nominal 1,9kVA. Pmin:50W
- Inversor: 4000 VA sin rectificador.
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emisiones de CO2: 8245kg CO2/año
- Energía en exceso: 0kWh
- Coste total: 171814€

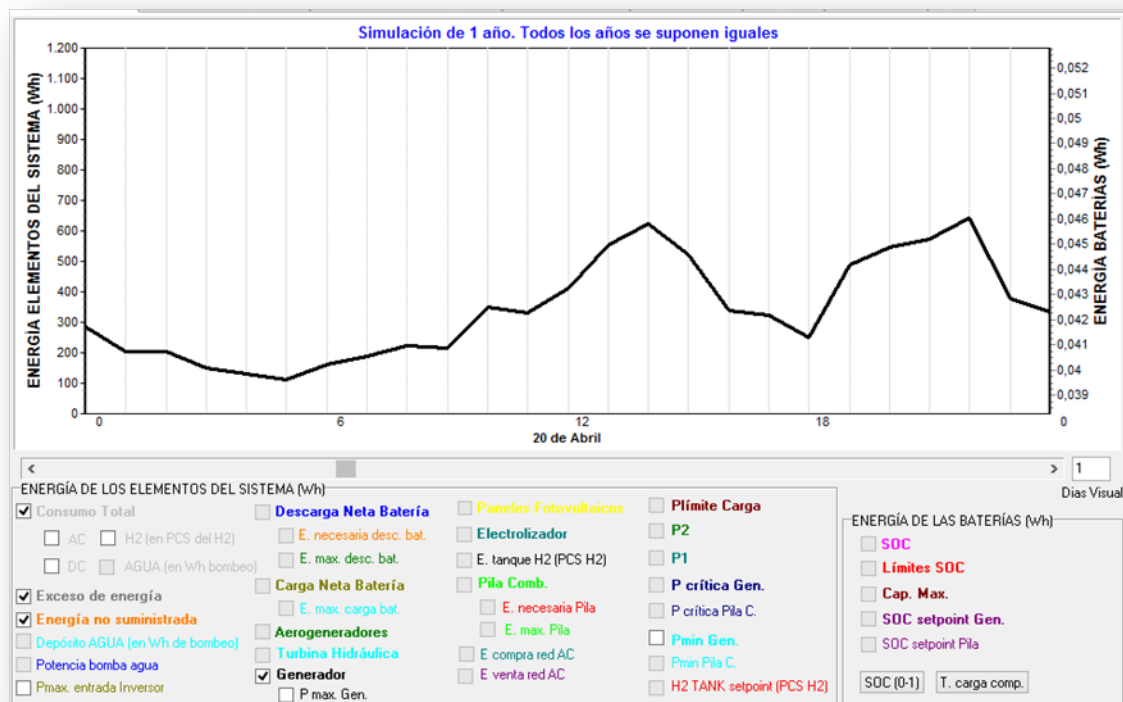


Ilustración 35. Simulación de un día de la instalación de la simulación 2

Con el cambio realizado se ha conseguido que la generación se adecue completamente al consumo eliminando la energía en exceso y reduciendo el coste total del sistema un 10,5% y las emisiones de CO<sub>2</sub> un 15%.

El sistema diseñado tendrá las siguientes características:

**1- Generador AC:** Diésel 1.9kVA de **potencia nominal 1,9kVA**

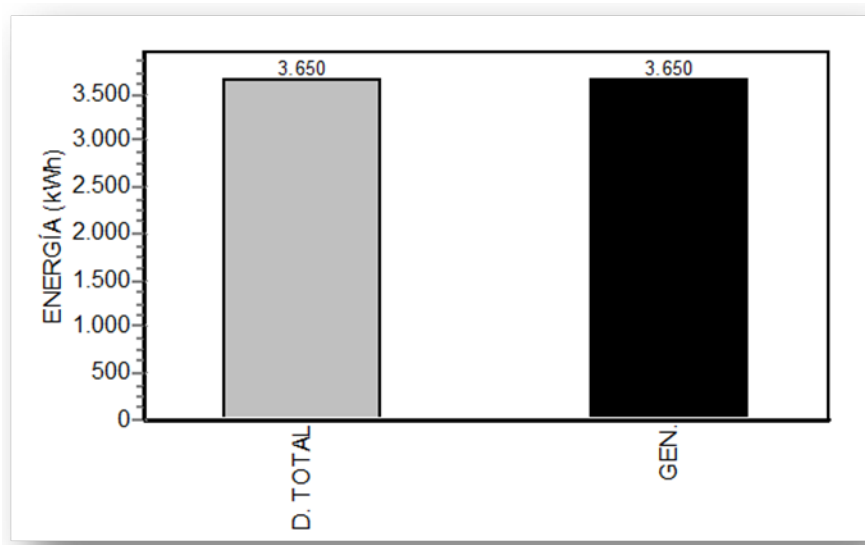
**Diésel 1.9kVA**

- Potencia nominal: 1,9kVA
- Coste de adquisición: 1040€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 0,18€/año
- Potencia mínima: 30%Pn (570W)
- Vida esperada: 10000h
- Emisiones de CO<sub>2</sub> en fabricación y recic.: 3,5KgCO<sub>2</sub>equiv./kWp
- Precio del combustible: 0,98€/l

**2- Inversor:** XANTREX: XW4548-230, potencia nominal 4000 VA. Sin rectificador.

El sistema utiliza una estrategia de control de **seguimiento de la demanda**. El generador genera energía únicamente la energía necesaria para cubrir la demanda ajustándose perfectamente a ella.

### Balance de energía



*Ilustración 36. Balance de energías de la simulación 2*

Energía Total Demandada: 3650kWh/año

Energía producida en Exceso: 0kWh/año

Energía No Servida: 0kWh/año (0 % de la demandada)

Energía generada por el Generador AC: 3650kWh/año

Horas de funcionamiento del generador AC: 8760h/año

Emissiones totales de CO2: 8245kg CO2/año

Emissiones del generador AC (debido al consumo de 2253,6l/año de combustible): 7887 kg CO2/año

## Balance de potencias

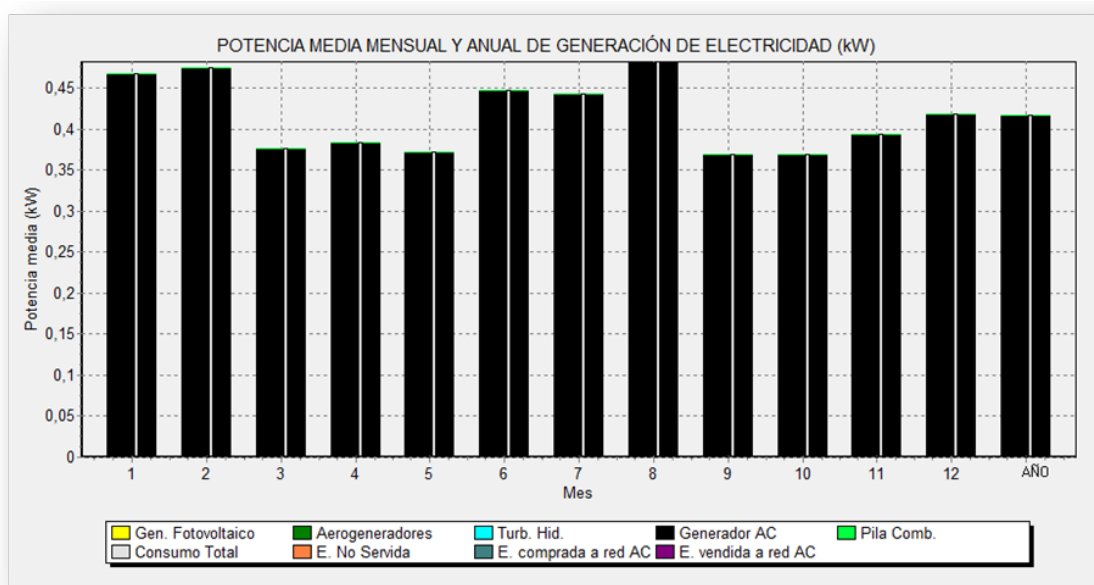


Ilustración 37. Balance de potencias de la instalación 2

En este gráfica se muestra en negro el valor de la potencia media generada, en kW, para cada mes y en la última columna (13) la potencia media generada anual. También se observa en blanco el valor del consumo de cada mes y en la última el consumo anual.

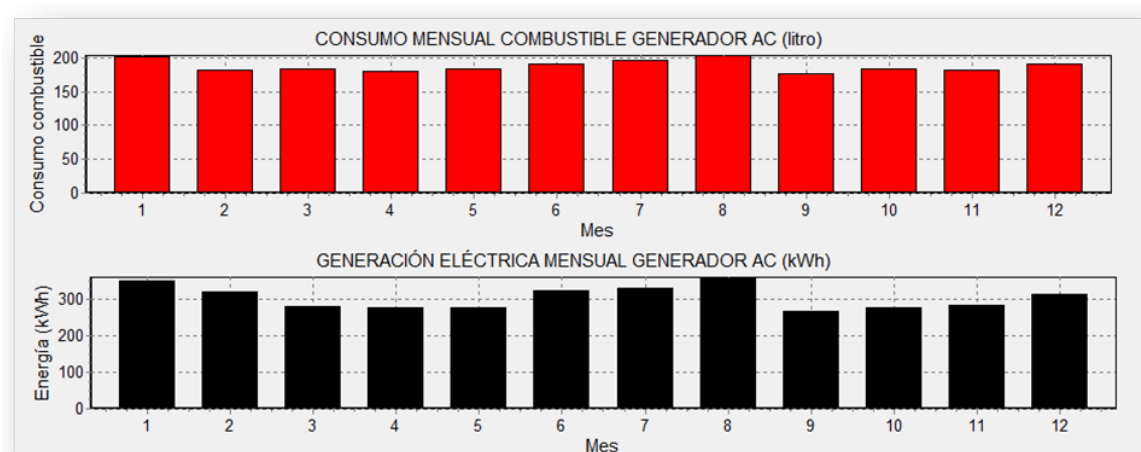


Ilustración 38. Generación y consumo del generador AC de la simulación 2

En la primera gráfica se muestra el consumo de combustible del generador AC para cada mes en litros, y en la segunda el valor de la energía generada por el generador AC en kWh para cada mes.



## Presupuesto

El programa calcula la rentabilidad del sistema a través del cálculo del VAN. En el Anexo 2 se muestra la tabla del cálculo de dicho VAN.

- Coste total del sistema: 171814€
  - Coste Generador AC: 60162€
  - Coste Combustible: 104560€
  - Coste inversor: 5888€
- Coste inicial de la inversión: 3899€
  - Préstamo del 80%: 394,2€/año
  - Coste del combustible durante el primer año: 2208,48€

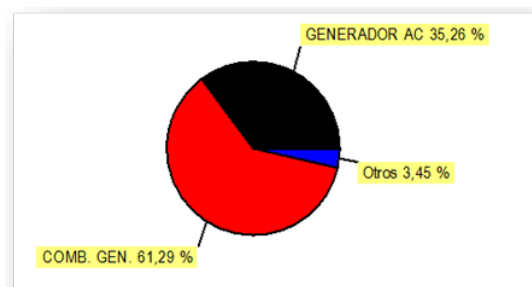
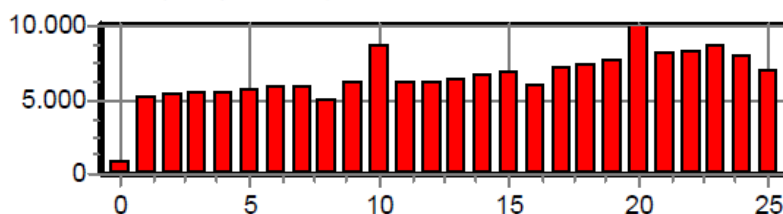


Ilustración 39. Gráfico de los costes de la simulación 2

En las siguientes gráficas se muestran en rojo los costes de adquisición, remplazamiento e ingresos por venta final de cada dispositivo de la instalación y en azul los costes de operación y mantenimiento.

COSTE TOTAL (VAN): 171814,3 €



Coste financiación inicial (VAN): pago inicial + cuotas préstamo: 4642,5 €

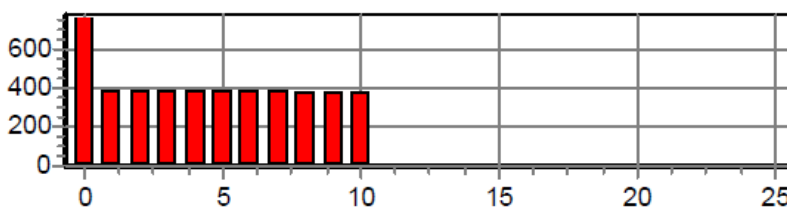
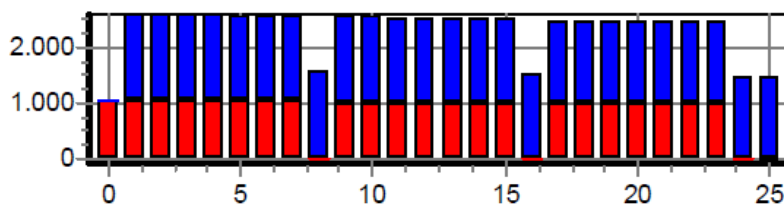
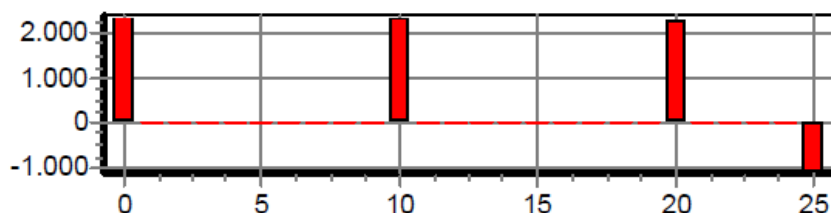


Ilustración 40. Gráficas de la amortización de la instalación y de los equipos de la simulación 2 (1)

Coste total Generador AC (VAN): 60162,4 €



Coste total Inversor (VAN): 5888,5 €



Coste total combustible Gen. AC (VAN): 104560,9 €

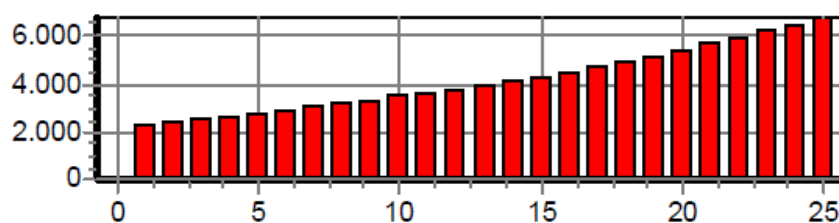


Ilustración 41. Gráficas de la amortización de la instalación y de los equipos de la simulación 2 (2)

En el siguiente presupuesto se ha detallado los costes de la instalación del sistema

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada</b>					
<b>01.01</b>		<b>Generador AC</b>			
U02SJ004	1,000 u	Generador AC 1.9kVA	1.040,00	1.040,00	
U45AA200	2,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	16,32	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			16,32
		Maquinaria .....			1.040,00
		Materiales .....			56,21
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>1.112,53</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CIENTO DOCE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS					
<b>01.02</b>		<b>Inversor</b>			
U45DC130	1,000 Ud	Inversor XANTREX: XW458-230	2.400,00	2.400,00	
U45AA200	1,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	8,16	
		Mano de obra .....			8,16
		Materiales .....			2.400,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2.408,16</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUATROCIENTOS OCHO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS					
<b>01.03</b>		<b>Protecciones</b>			
U45GH100	1,000 Ud	Equipo auxiliares protección y mando	156,78	156,78	
U45HA200	2,000 Ud	Puesta a tierra	14,12	28,24	
		Materiales .....			185,02
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>185,02</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS					

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada .....	3.705,71	100,00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>3.705,71</b>	
	13,00 % Gastos generales .....	481,74	
	6,00 % Beneficio industrial .....	222,34	
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>704,08</b>	
	21,00 % I.V.A. ....	926,06	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>5.335,85</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>5.335,85</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CINCO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS

[27]

### 6.3 Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor

Basándose en la simulación anterior se va a configurar un sistema formado por un generador AC, un banco de baterías y un inversor. En este caso se ha introducido un banco de baterías para disminuir el funcionamiento del generador AC y así reducir el coste total del sistema y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

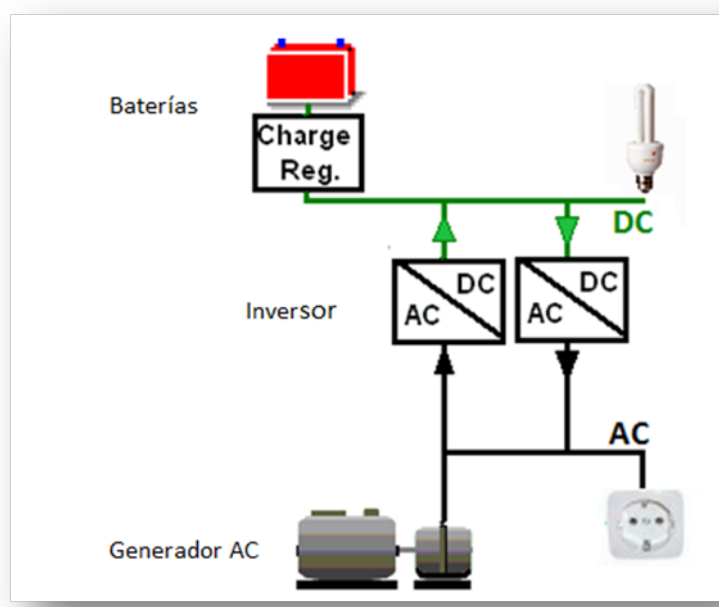


Ilustración 42. Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor

Realizando un pre-dimensionado el programa proporciona una configuración recomendada con las siguientes características:

#### POTENCIAS MAXIMAS RECOMENDADAS

- Generador AC: 1,3kVA
- Inversor: 1,3kVA

#### ALMACENAMIENTO ENERGETICO PARA 3 DIAS DE AUTONOMIA

- Energía máxima al día DC x1,2: 17,4kW/día
- Capacidad banco de baterías: 1810Ah (86,9kWh)

En un primer cálculo basado en esas características se obtiene el siguiente sistema:

- Generador AC: Diésel 1.9kVA de potencia nominal 1,9kVA. Pmin:570W
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de Cn:915Ah proporcionando 43,9kWh y 3 días de autonomía
- Inversor: 4000 VA sin rectificador
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emissiones de CO2: 8607kg CO2/año
- Energía en exceso: 0kWh
- Coste total: 195417€

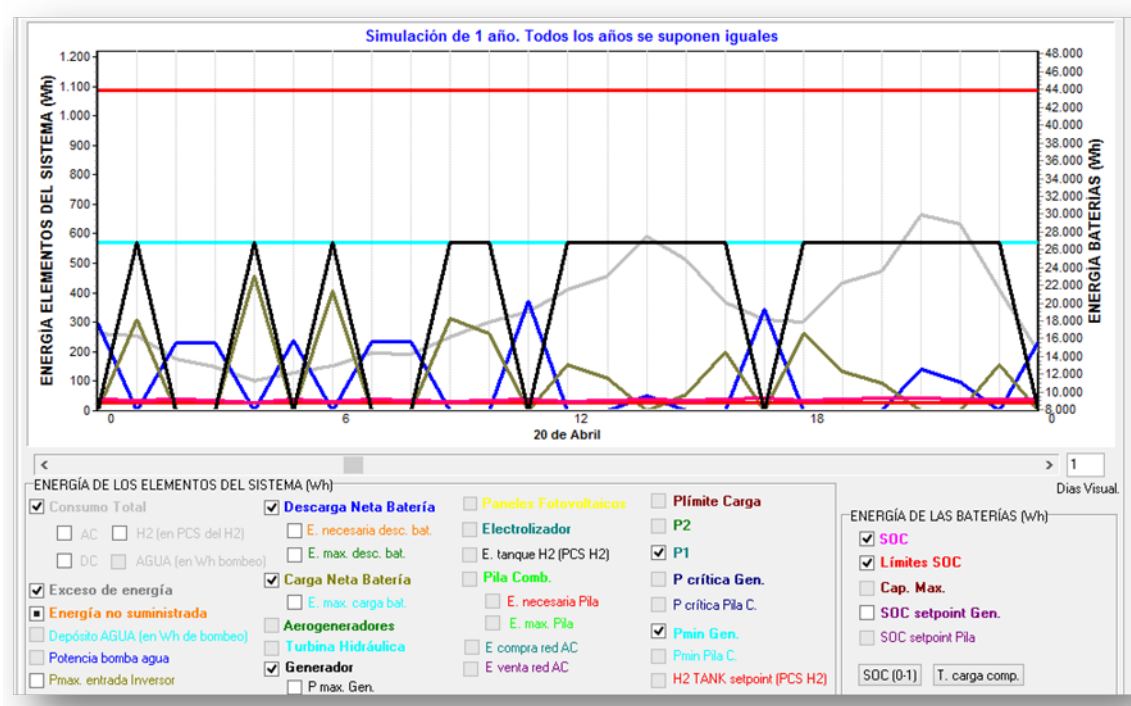


Ilustración 43. Simulación de un día de la instalación de la simulación 3, caso 1

En la gráfica se muestra la simulación de un día, igual que en los casos anteriores el 20 de Abril. En negro se muestra la energía generada por el generador AC, en gris claro el consumo correspondiente a ese día, en verde oscuro la carga neta de las baterías, en azul la descarga neta de las baterías, en gris claro el exceso de energía (en este caso no hay), en azul claro la Pmin del generador y en azul oscuro la Pcrítica del generador.

La generación no se adecua en ningún momento al consumo. El generador funciona la mayor parte del tiempo para cubrir el consumo y cargar las baterías, el resto del tiempo el consumo es cubierto por las baterías.

El objetivo de introducir un banco de baterías es que el motor funcione el menor tiempo posible, principalmente en los picos de consumo, para reducir costes. Para conseguir esto se ajustan las características del motor.

Los cambios realizados son los siguientes, optimizados por el programa:

- $P_{min}$ : 1634W
- $P1$ : INF, lo que significa que el generador funcionara cuando tenga que hacerlo.
- $P_{critic}$ : 0W, el generador funcionara siempre a la máxima potencia, siempre y cuando no se pierda energía, y cargando las baterías hasta que el SOC alcance el 20%

Con estas nuevas características del generador se obtiene el siguiente sistema:

- Generador AC: Diésel 1.9kVA de potencia nominal 1,9kVA.  $P_{min}$ :1634W
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de Cn:915Ah proporcionando 43,9kWh y 3 días de autonomía
- Inversor: 4000 VA sin rectificador
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 5503kg CO<sub>2</sub>/año
- Energía en exceso: 0kWh
- Coste total: 116343€

Se han reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> un 36% y el coste del sistema un 40%.

El sistema obtenido tiene las siguientes características:

**1. Generador AC:** Diésel 1.9kVA de **potencia nominal 1,9kVA**

**Diésel 1.9kVA**

- Potencia nominal: 1,9kVA
- Coste de adquisición: 1040€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 0,18€/año
- Potencia mínima: 30%Pn (570W)
- Vida esperada: 10000h
- Emisiones de CO<sub>2</sub> en fabricación y recic.: 3,5KgCO<sub>2</sub>equiv./kWp
- Precio combustible: 0,98€/l

**2. Inversor:** XANTREX: XW4548-230, potencia nominal 4000 VA. Incluye regulador y rectificador.

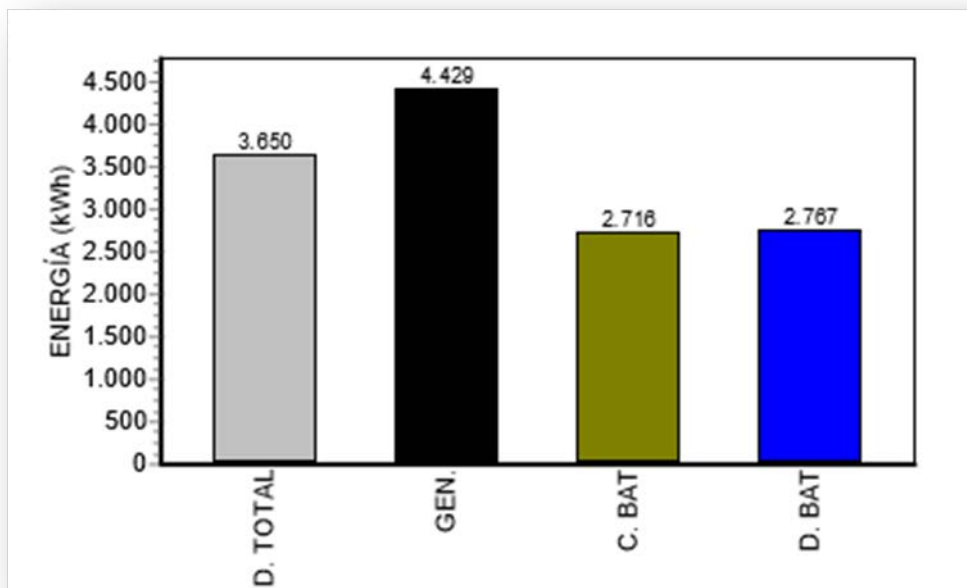
**3. Banco de Baterías:** Formado por 24 baterías en serie, OPZS-Hoppecke: 80 (Cn=915A·h), proporcionando una **Energía Total de 43,9kWh y 3 días de autonomía.**

**OPZS-Hoppecke: 1000**

- Capacidad nominal: 915Ah
- Tensión nominal: 2V
- Coste de adquisición: 363€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 3,63€/año
- SOC<sub>min</sub>:20%
- Coeficiente de auto descarga: 3%mes
- Corriente máxima: 183A
- Eficiencia global: 85

El sistema utiliza una estrategia de control de **seguimiento de la demanda**, en la cual el generador AC funcionara cuando sea necesario para cubrir el consumo y cargas las baterías. Las baterías son las encargadas principalmente de cubrir el consumo.

### Balance de energías



*Ilustración 44. Balance de energías de la simulación 3*

Energía Total Demandada: 3650kWh/año.

Energía producida en Exceso: 0kWh/año

Energía No Servida: 0kWh/año (0 % de la demandada)

Energía generada por el generador AC: 4429kWh/año

Horas de funcionamiento del generador AC: 2711h/año

Energía cargada en las baterías: 2716kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 2767kWh/año

Vida de las baterías: 19.97años

Emisiones totales de CO<sub>2</sub>: 5513kg CO<sub>2</sub>/año

Emisiones del generador AC (debido al consumo de 1509,2l/año de combustible): 5282kg CO<sub>2</sub>/año



## Simulación de un día

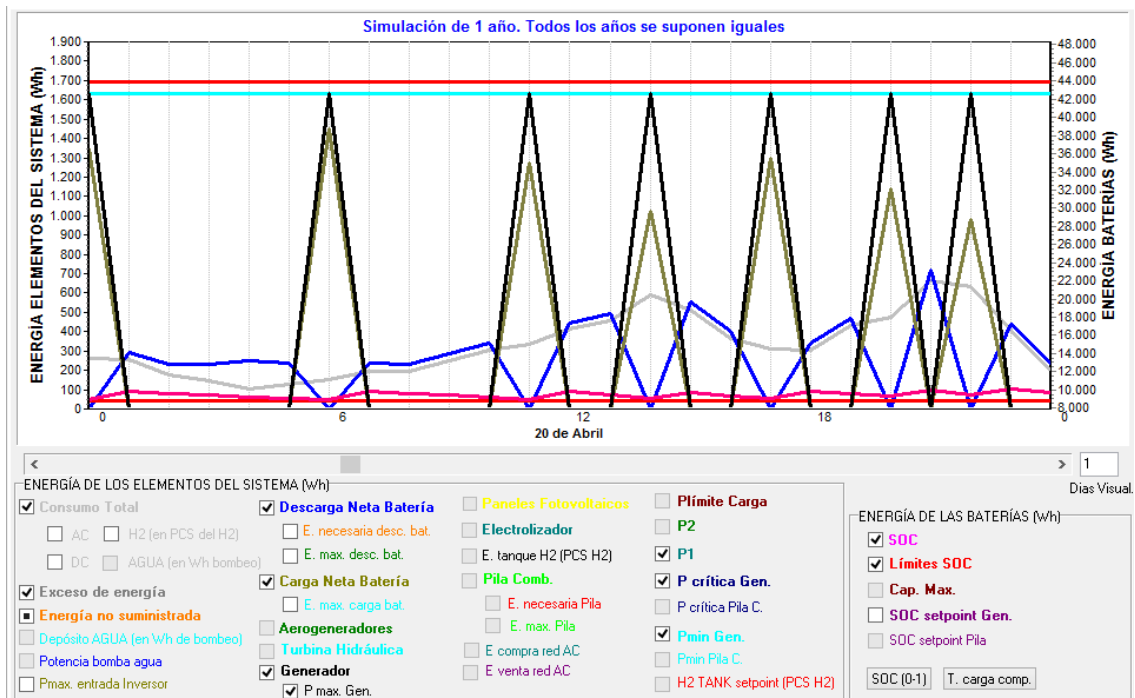


Ilustración 45. Simulación de un día de la instalación de la simulación 3

Con este sistema se ha conseguido que el generador AC funcione el mínimo tiempo posible a la máxima potencia para cubrir el consumo cuando las baterías no puedan y además cargar estas. De esto modo se consigue un importante ahorro económico y la reducción en gran medida de las emisiones de CO<sub>2</sub>, como se ha podido comprobar.

## Balance de potencias

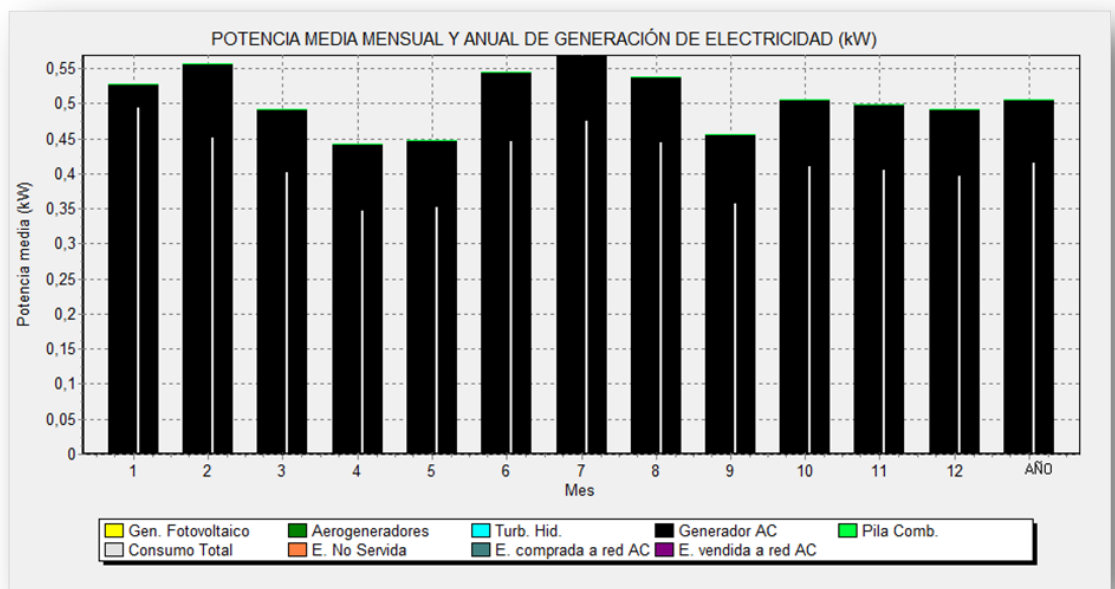


Ilustración 46. Balance de potencias de la instalación 3

En esta gráfica se muestra en negro el valor de la potencia media generada, en kW, para cada mes y en la última columna (13) la potencia media generada anual. También podemos observar en blanco el valor del consumo de cada mes y en la última el consumo anual

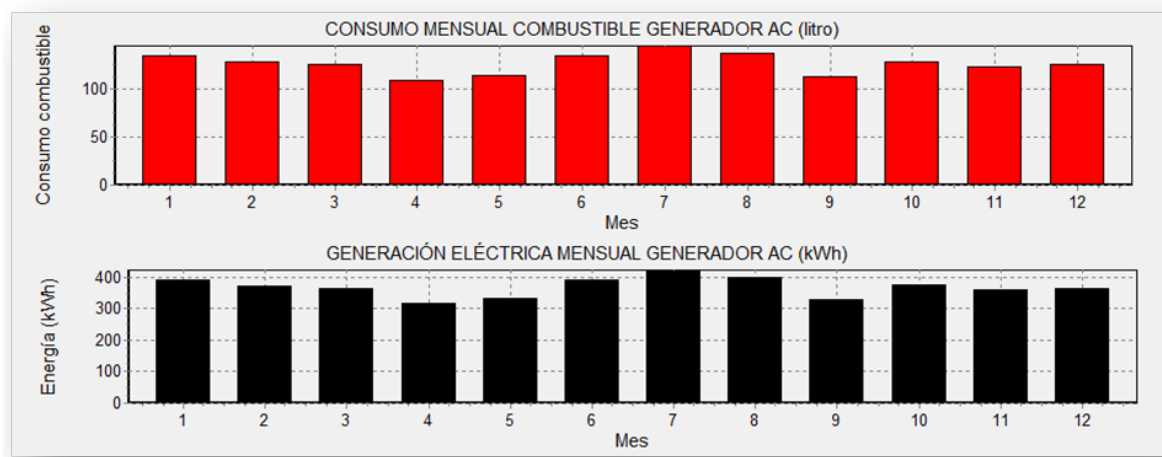


Ilustración 47. Generación y consumo del generador AC de la simulación 3

En la primera gráfica se muestra el consumo de combustible del generador AC para cada mes en litros, y en la segunda el valor de la energía generada por el generador AC en kWh para cada mes.

## Presupuesto

El programa nos calcula la rentabilidad del sistema a través del cálculo del VAN. En el Anexo 2 se muestra la tabla del cálculo de dicho VAN.

- Coste total del sistema: 116343€
  - Coste Generador AC: 18639€
  - Coste Combustible: 70025€
  - Coste banco Baterías: 18157€
  - Coste inversor: 5888€
- Coste inicial de la inversión: 15661€
  - Préstamo del 80%: 1583,4€/año
  - Coste del combustible durante el primer año: 1479,05€

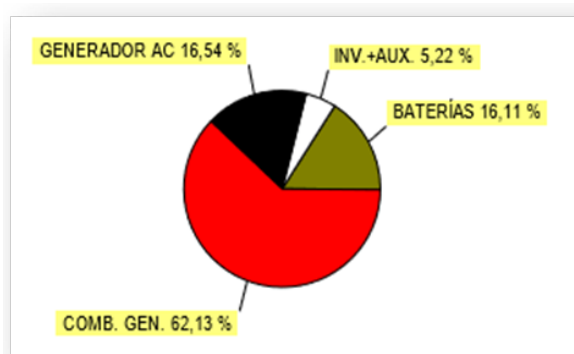
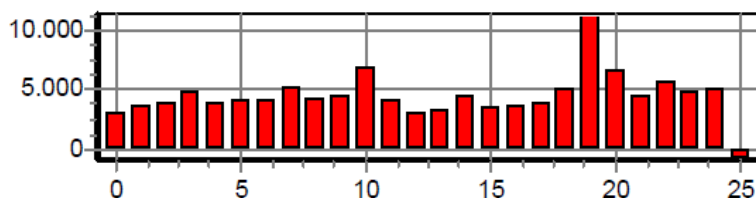


Ilustración 48. Gráfico de los costes de la simulación 3

En las siguientes gráficas se muestran en rojo los costes de adquisición, remplazamiento e ingresos por venta final de cada dispositivo de la instalación y en azul los costes de operación y mantenimiento.

COSTE TOTAL (VAN): 116343,4 €



Coste financiación inicial (VAN): pago inicial + cuotas préstamo: 18398,3 €

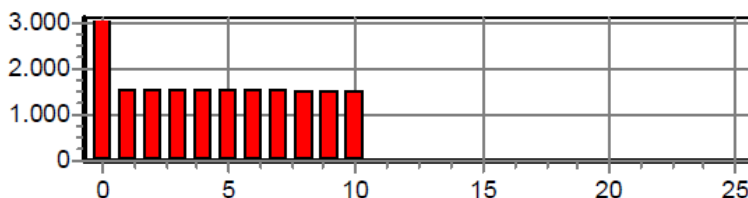
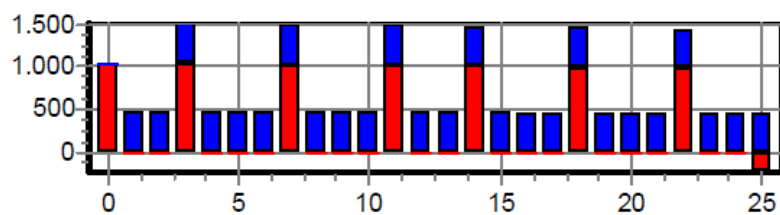
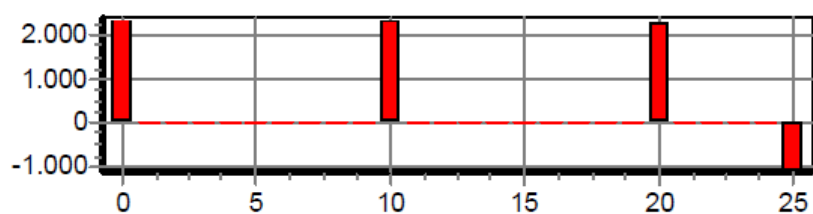


Ilustración 49. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 3 (1)

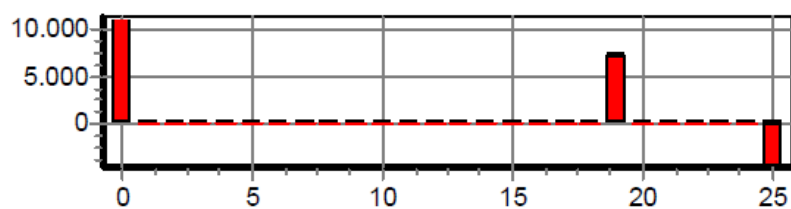
Coste total Generador AC (VAN): 18639,9 €



Coste total Inversor (VAN): 5888,5 €



Coste total Banco Baterías (VAN): 18156,7 €



Coste total combustible Gen. AC (VAN): 70025,7 €

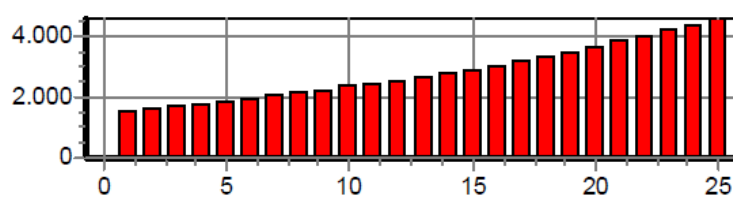


Ilustración 50. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 3 (2)

En el siguiente presupuesto se ha detallado los costes de la instalación del sistema

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada</b>					
<b>01.01</b>		<b>Generador AC</b>			
U02SJ004	1,000 u	Generador AC 1.9kVA	1.040,00	1.040,00	
U45AA200	2,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	16,32	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			16,32
		Maquinaria .....			1.040,00
		Materiales .....			56,21
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>1.112,53</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CIENTO DOCE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS					
<b>01.02</b>		<b>Inversor</b>			
U45DC130	1,000 Ud	Inversor XANTREX: XW458-230	2.400,00	2.400,00	
U45AA200	1,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	8,16	
		Mano de obra .....			8,16
		Materiales .....			2.400,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2.408,16</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUATROCIENTOS OCHO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS					
<b>01.03</b>		<b>Protecciones</b>			
U45GH100	1,000 Ud	Equipo auxiliares protección y mando	156,78	156,78	
U45HA200	2,000 Ud	Puesta a tierra	14,12	28,24	
		Materiales .....			185,02
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>185,02</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS					
<b>01.04</b>		<b>Banco de Baterías</b>			
08NAA90001	24,000 u	Bateria OPZS-Hoppecke 800	363,00	8.712,00	
U45AA100	2,000 Hr	Oficial 1º instalador E.S.F. (A)	12,55	25,10	
U45AA200	4,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	32,64	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			57,74
		Materiales .....			56,21
		Otros .....			8.712,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>8.825,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL OCHOCIENTOS VEINTICINCO EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					

[27]

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada .....	12.531,66	100,00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>12.531,66</b>	
	13,00 % Gastos generales .....	1.629,12	
	6,00 % Beneficio industrial .....	751,90	
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>2.381,02</b>	
	21,00 % I.V.A. ....	3.131,66	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>18.044,34</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>18.044,34</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DIECIOCHO MIL CUARENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

[27]

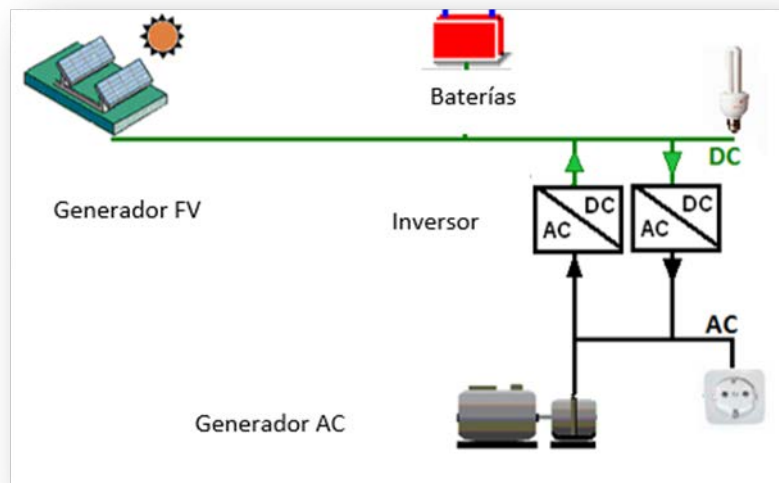
## 6.4 Simulación 4: Generador FV + Generador AC + Baterías + Inversor

En esta última simulación se va configurar un sistema basado en las simulaciones anteriores, donde se tomaran las mejores características de cada una.

A partir del primer sistema se decide utilizar un generador FV puesto que cubre completamente la demanda, las emisiones de CO<sub>2</sub> son muy reducidas, y tiene un reducido coste total del sistema. El problema que se plantea es el gran exceso de energía.

De las otras dos simulaciones se incluye el generador AC debido a que se ajusta completamente al consumo reduciendo a cero el exceso de energía, teniendo el problema del elevado coste y las grandes emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se incluye también un banco de baterías para intentar reducir costes y exceso de energía.



*Ilustración 51. Simulación 4: Generador FV + Generador AC + Baterías*

Realizando un pre-dimensionado el programa proporciona una configuración recomendada con las siguientes características:

#### POTENCIAS MAXIMAS RECOMENDADAS

- Generador FV: 5,4kWp
- Generador AC: 1,3kVA
- Inversor: 1,3kVA

#### ALMACENAMIENTO ENERGETICO PARA 3 DIAS DE AUTONOMIA

- Energía máxima al día DC x1,2: 17,8kW/día
- Capacidad banco de baterías: 1851Ah (88,9kWh)

#### MAXIMO NUMERO DE COMPONENTES EN PARALELO

- Máximo paneles: 2
- Máximo baterías: 10

En un primer cálculo basado en esas características se obtiene el siguiente sistema:

- Generador FV: Formado por 2 serie X 7 paralelo paneles de 280Wp a 60° de inclinación proporcionando 3,29kWp.
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de Cn:915Ah proporcionando 43,9kWh y 3 días de autonomía
- Generador AC: Diésel 1.9kVA de potencia nominal 1,9kVA. Pmin: 570W
- Inversor: 4000 VA incluye regulador y sin rectificador
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emissiones de CO2: 9690 kg CO2/año
- Energía en exceso: 1211kWh
- Coste total: 154602€



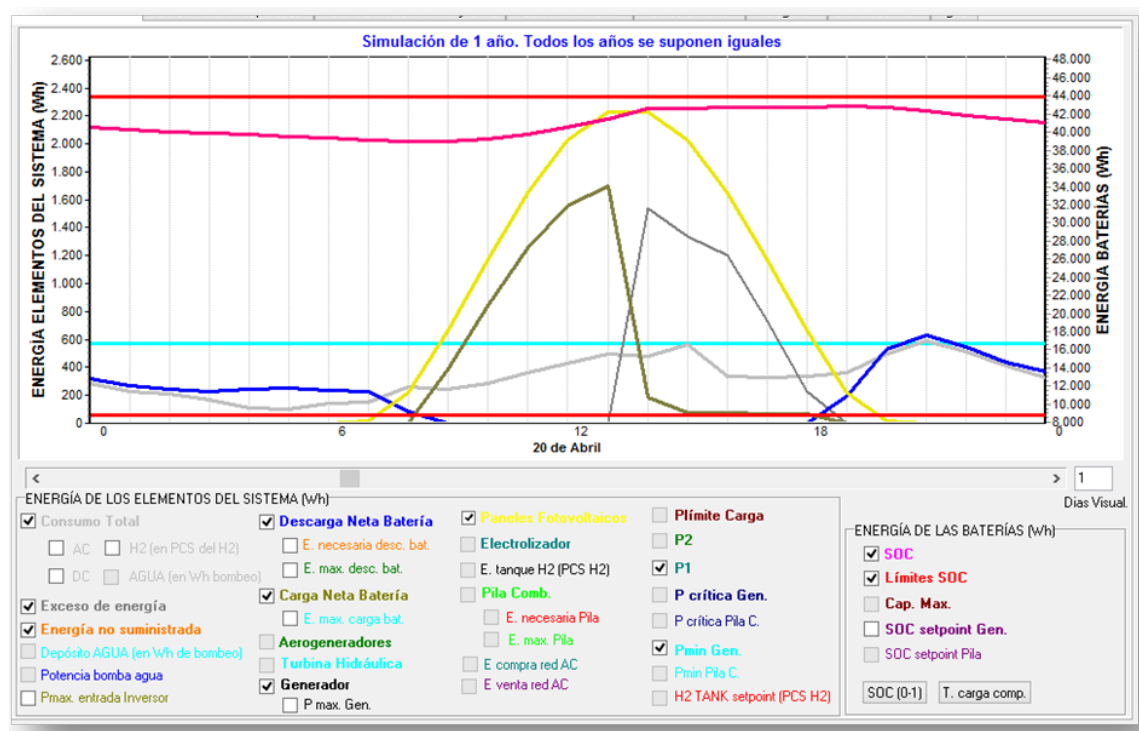


Ilustración 52, Simulación de un día de la instalación de la simulación 4, caso 1

En la gráfica se muestra la simulación del sistema durante un día, el 20 de Abril como en las simulaciones anteriores. En amarillo se muestra la energía generada por el generador fotovoltaico, en gris claro el consumo correspondiente a ese día, en verde oscura la carga neta de las baterías, en azul la descarga neta de las baterías, en gris el exceso de energía, en negro la energía generada por el generador AC, en azul claro la Pmin del generador y en azul oscuro la Pcrítica del generador.

El sistema obtenido cubre completamente el consumo pero posee un gran exceso de energía. Con estas características se obtiene un sistema completamente renovable, igual que en la simulación 1, pero además el generador AC este siempre disponible pero la generación únicamente la cubre el generador FV y las baterías.

Para reducir costes y que el sistema sea lo más rentable posible se pretende conseguir que el generador fotovoltaico se encargue de la generación y de cargar las baterías, y que el generador AC actué en los picos de consumo para ayudar a la generación. Para conseguir esto, por un lado se ajustan las características del generador AC para que funcione a partir de una determinada potencia con el fin ayudar a la generación fotovoltaica en los picos de consumo, y por otro lado se ajusta el generador fotovoltaico para reducir el exceso de generación, esto se consigue reduciendo o el número de paneles o la potencia de dichos paneles.

Se obtiene un sistema con las siguientes características:

- Generador FV: Formado por 2 serie X 9 paralelo paneles de 190Wp a 60º de inclinación proporcionando 3,42kWp.
- Banco de baterías: formado por 24 serie X 1 paralelo baterías de Cn: 550Ah proporcionando 26,4kWh y 1,8 días de autonomía
- Generador AC: Diésel 1.9kVA de potencia nominal 1,9kVA. Pmin: 900W P1: 900W
- Inversor: 4000 VA sin rectificador
- Estrategia de control: seguimiento de la demanda
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 396kg CO<sub>2</sub>/año
- Energía en exceso: 631kWh/año
- Coste total: 29076€

Con el cambio realizado se ha conseguido reducir la energía en exceso un 48%, el coste total del sistema un 81% y las emisiones de CO<sub>2</sub> un 96%.

El sistema obtenido tiene las siguientes características:

1. **Generador fotovoltaico:** Formado por 18 paneles (2 serie x 9 paralelo) PV SiP24-Schott: Mono190 de 190Wp proporcionando una **Potencia Total de 3,42kWp, con 60° de inclinación.**

#### **PV SiP24-Schott: Mono190**

- Tensión nominal: 24V
- Intensidad de cortocircuito: 5,46A
- Potencia nominal: 190Wp
- Coste de adquisición: 238€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 2,38€/año
- TONC (Temperatura de Operación Nominal de la Célula): 46°C
- Vida esperada: 25años
- Emisiones de CO<sub>2</sub> en fabricación y recic.: 800KgCO<sub>2</sub>equiv./kWp

2. **Generador AC:** Diésel 1.9kVA de **potencia nominal 1,9kVA**

#### **Diésel 1.9kVA**

- Potencia nominal: 1,9kVA
- Coste de adquisición: 1040€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 0,18€/año
- Potencia mínima: 30%Pn (570W)
- Vida esperada: 10000h
- Emisiones de CO<sub>2</sub> en fabricación y recic.: 3,5KgCO<sub>2</sub>equiv./kWp
- Precio combustible: 0,98€/l

3. **Inversor:** XANTREX: XW4548-230, potencia nominal 4000 VA. Incluye regulador y rectificador.

4. **Banco de Baterías:** Formado por 24 baterías en serie, OPZS-Hawker: TVS-7 (Cn=550A·h), proporcionando una **Energía Total de 26,4kWh y 1,8 días de autonomía.**

#### **OPZS-Hoppecke: 1000**

- Capacidad nominal: 915Ah
- Tensión nominal: 2V
- Coste de adquisición: 202€
- Coste de operación y mantenimiento unitario: 2,02€/año
- SOC<sub>min</sub>: 20%
- Coeficiente de auto descarga: 3%mes
- Corriente máxima: 110A
- Eficiencia global: 85

El sistema utiliza una estrategia de control de **seguimiento de la demanda**, en la cual si la potencia producida por el generador fotovoltaico es superior al consumo las baterías se cargan con la potencia sobrante y si la potencia producida por el generador fotovoltaico es inferior al consumo la potencia que falta deben suministrarla las baterías. Si la potencia que falta para cubrir el consumo es inferior a  $P_1 = 900\text{W}$ , dicha potencia la dan las baterías (si no pueden suministrarla toda, el resto la dará el Generador AC). Por encima de dicha potencia  $P_1$ , la potencia la dará el Generador (si no es suficiente se verá ayudado por las baterías).

Siempre que la potencia sea inferior a la  $P_{\text{critic}}$  el generador AC funcionará a la máxima potencia, siempre y cuando no se pierda energía, y cargando las baterías hasta que el SOC alcance el 20 %

### Balance de energías

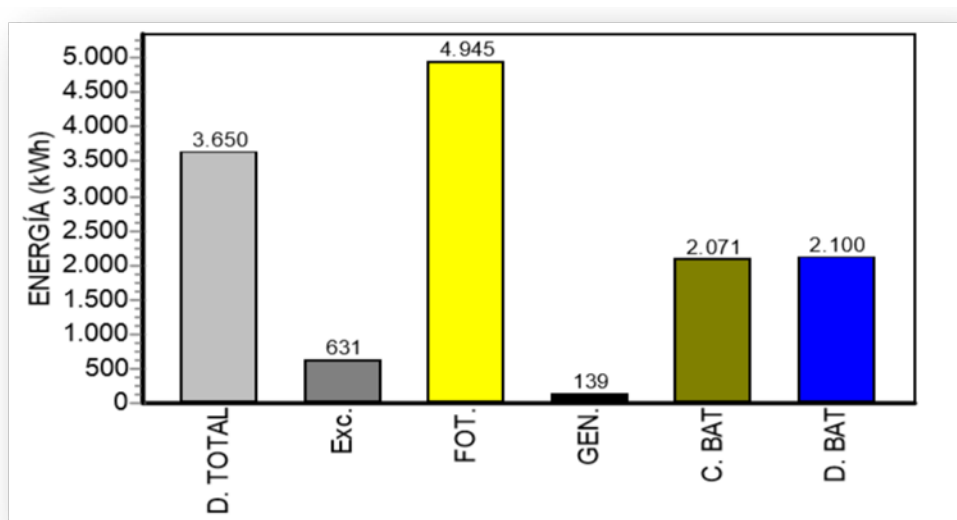


Ilustración 53. Balance de energías de la simulación 4

Energía Total Demandada: 3650kWh/año. Cubierta por renovable al 96,2%.

Energía producida en Exceso: 631kWh/año

Energía No Servida: 0kWh/año (0 % de la demandada)

Energía generada por el generador FV: 4945kWh/año

Energía generada por el generador AC: 139kWh/año

Horas de funcionamiento del generador AC: 148h/año

Energía cargada en las baterías: 2071kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 2100kWh/año

Vida de las baterías: 20años

Emissiones totales de CO<sub>2</sub>: 396kg CO<sub>2</sub>/año

Emissiones del generador AC (debido al consumo de 57,3litro/año): 200kg CO<sub>2</sub>/año

## Simulación del sistema

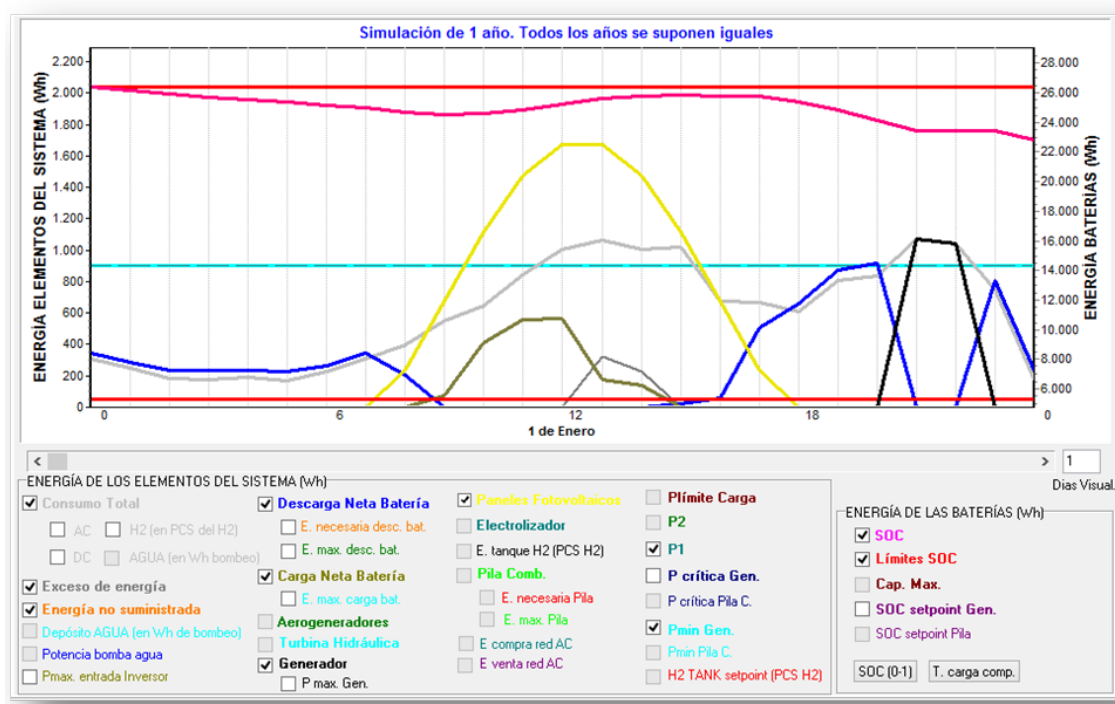


Ilustración 54. Simulación de un día de la instalación de la simulación 4

En la gráfica se muestra la simulación del sistema durante un día, en este caso el 1 de Enero, se ha elegido este día porque en él se observan todas las características del sistema. En amarillo se muestra la energía generada por el generador fotovoltaico, en gris claro el consumo correspondiente a ese día, en verde oscuro la carga neta de las baterías, en azul la descarga neta de las baterías, en gris claro el exceso de energía, en negro la energía generada por el generador AC, en azul claro la Pmin del generador y en azul oscuro la Pcrítica del generador.

Se ha conseguido un sistema un 96,2%, en el que la principal fuente de generación es el generador fotovoltaico, que se encarga de cubrir el consumo y cargar las baterías durante sus horas de funcionamiento (8h a 18h aproximadamente), el resto del consumo es cubierto por las baterías, si no pueden hacer frente a ese consumo serán ayudadas por el generador AC y a partir de P1=900W es el generador el encargado de cubrir el consumo.

La demanda es cubierta completamente y el exceso de generación es muy reducido.

## Balance de potencias

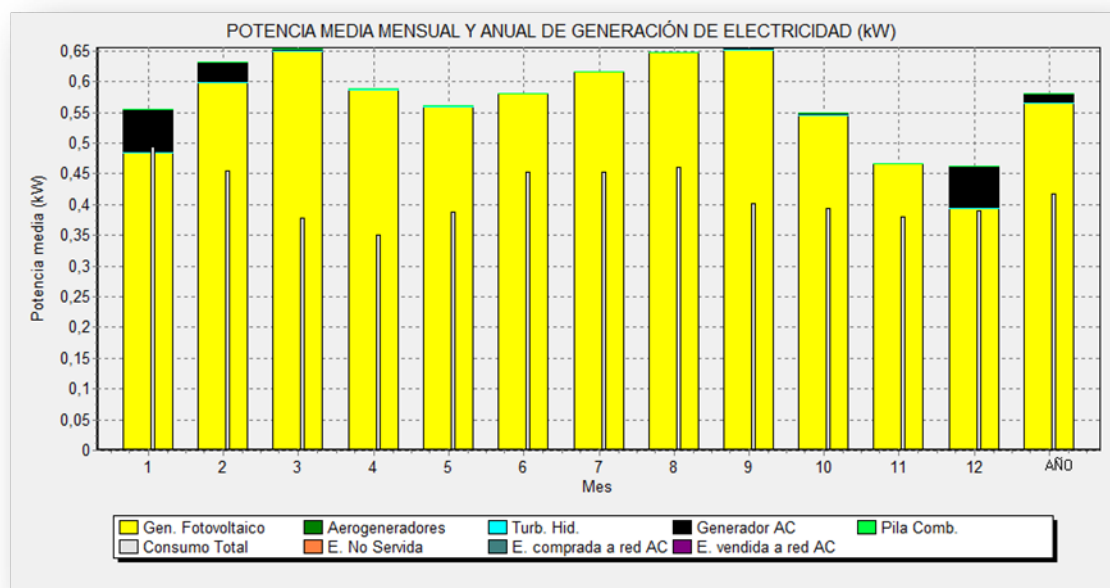


Ilustración 55. Balance de potencias de la simulación 4

En esta gráfica se muestra en amarillo la potencia media generada por el generador FV y en negro el valor de la potencia media generada por el generador AC, en kW, para cada mes y en la última columna (13) la potencia media generada anual. También se puede observar en blanco el valor del consumo de cada mes y en la última el consumo anual.

La mayor parte del consumo es cubierto por la generación renovable y en aquellos meses en los que las condiciones son más desfavorables para la generación renovable actúa el generador para ayudar a cubrir el consumo.

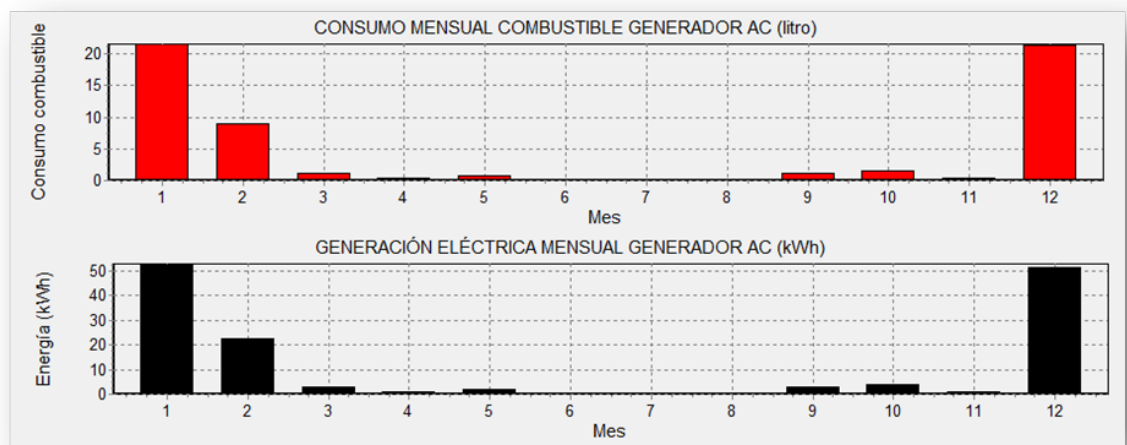


Ilustración 56. Generación y consumo del generador AC de la simulación 4

En la primera gráfica se muestra el consumo de combustible del generador AC para cada mes en litros, y en la segunda el valor de la energía generada por el generador AC en kWh para cada mes.

## Presupuesto

El programa calcula la rentabilidad del sistema a través del cálculo del VAN. En el Anexo 2 se muestra la tabla del cálculo de dicho VAN.

- Coste total del sistema: 29076€
  - Coste Generador FV: 6574€
  - Coste Generador AC: 1638€
  - Coste Combustible: 2658€
  - Coste banco Baterías: 9111€
  - Coste inversor: 5888€
- Coste inicial de la inversión: 13213€
  - Préstamo del 80%: 1335,9€/año
  - Coste del combustible durante el primer año: 56,15€

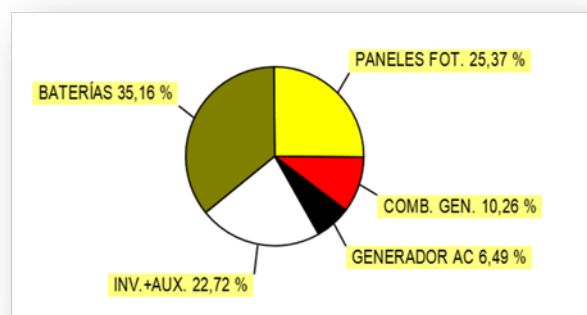
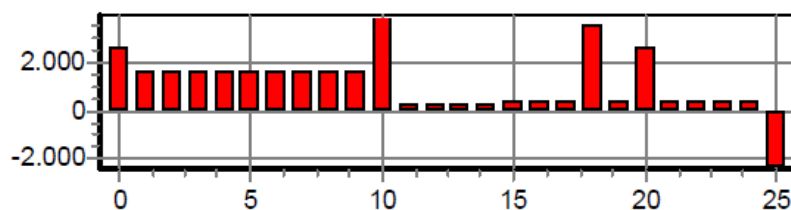


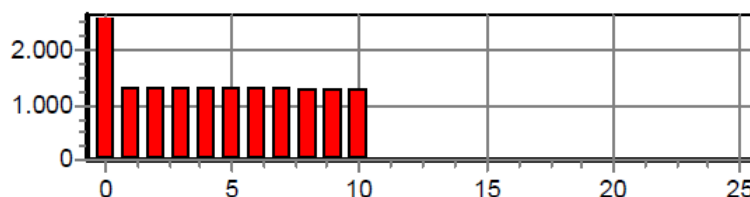
Ilustración 57. Gráfico de los costes de la simulación 4

En las siguientes gráficas se muestran en rojo los costes de adquisición, remplazamiento e ingresos por venta final de cada dispositivo de la instalación y en azul los costes de operación y mantenimiento.

COSTE TOTAL (VAN): 29076,8 €



Coste financiación inicial (VAN): pago inicial + cuotas préstamo: 15734 €



Coste total Generador AC (VAN): 1683,2 €

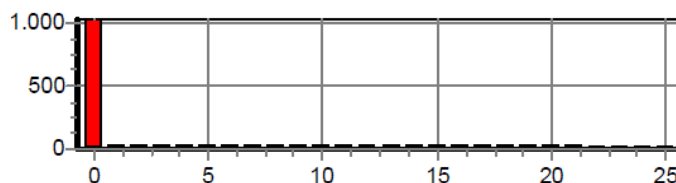
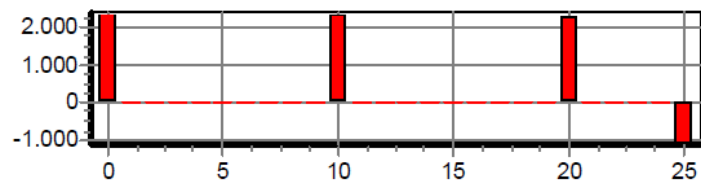
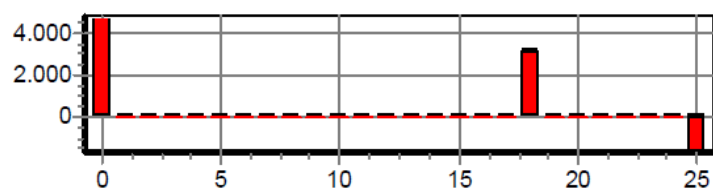


Ilustración 58. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 4 (1)

Coste total Inversor (VAN): 5888,5 €



Coste total Banco Baterías (VAN): 9111 €



Coste total combustible Gen. AC (VAN): 2658,3 €

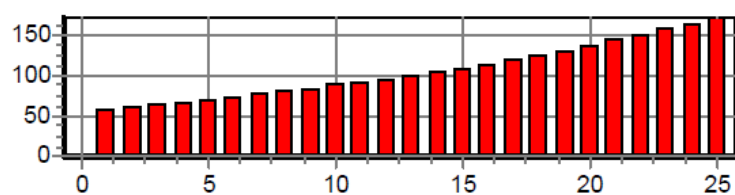


Ilustración 59. Gráficas de la amortización de la instalación y los equipos de la simulación 4, segunda



En el siguiente presupuesto se han detallado los costes de la instalación del sistema

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada</b>					
<b>01.01</b>		<b>Generador Fotovoltaico</b>			
U45BC155	18,000 Ud	Panel SiP24-Schott: Mono190	238,00	4.284,00	
U45AA100	2,000 Hr	Oficial 1ª instalador E.S.F. (A)	12,55	25,10	
U45AA200	4,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	32,64	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			57,74
		Materiales .....			4.340,21
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>4.397,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
<b>01.02</b>		<b>Generador AC</b>			
U02SJ004	1,000 u	Generador AC 1.9kVA	1.040,00	1.040,00	
U45AA200	2,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	16,32	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			16,32
		Maquinaria.....			1.040,00
		Materiales .....			56,21
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>1.112,53</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CIENTO DOCE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS					
<b>01.03</b>		<b>Banco de Baterías</b>			
08NAA90001	24,000 u	Bateria OPZS-Hawker: TVS-7	202,00	4.848,00	
U45AA100	2,000 Hr	Oficial 1ª instalador E.S.F. (A)	12,55	25,10	
U45AA200	4,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	32,64	
C1.1.1	1,000	Materiales	56,21	56,21	
		Mano de obra .....			57,74
		Materiales .....			56,21
		Otros.....			4.848,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>4.961,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL NOVECIENTOS SESENTA Y UN EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
<b>01.04</b>		<b>Inversor</b>			
U45DC130	1,000 Ud	Inversor XANTREX: XW458-230	2.400,00	2.400,00	
U45AA200	1,000 Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	8,16	8,16	
		Mano de obra .....			8,16
		Materiales .....			2.400,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2.408,16</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUATROCIENTOS OCHO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS					
<b>01.05</b>		<b>Protecciones</b>			
U45GH100	1,000 Ud	Equipo auxiliares protección y mando	156,78	156,78	
U45HA200	2,000 Ud	Puesta a tierra	14,12	28,24	
		Materiales .....			185,02
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>185,02</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS					

[27]

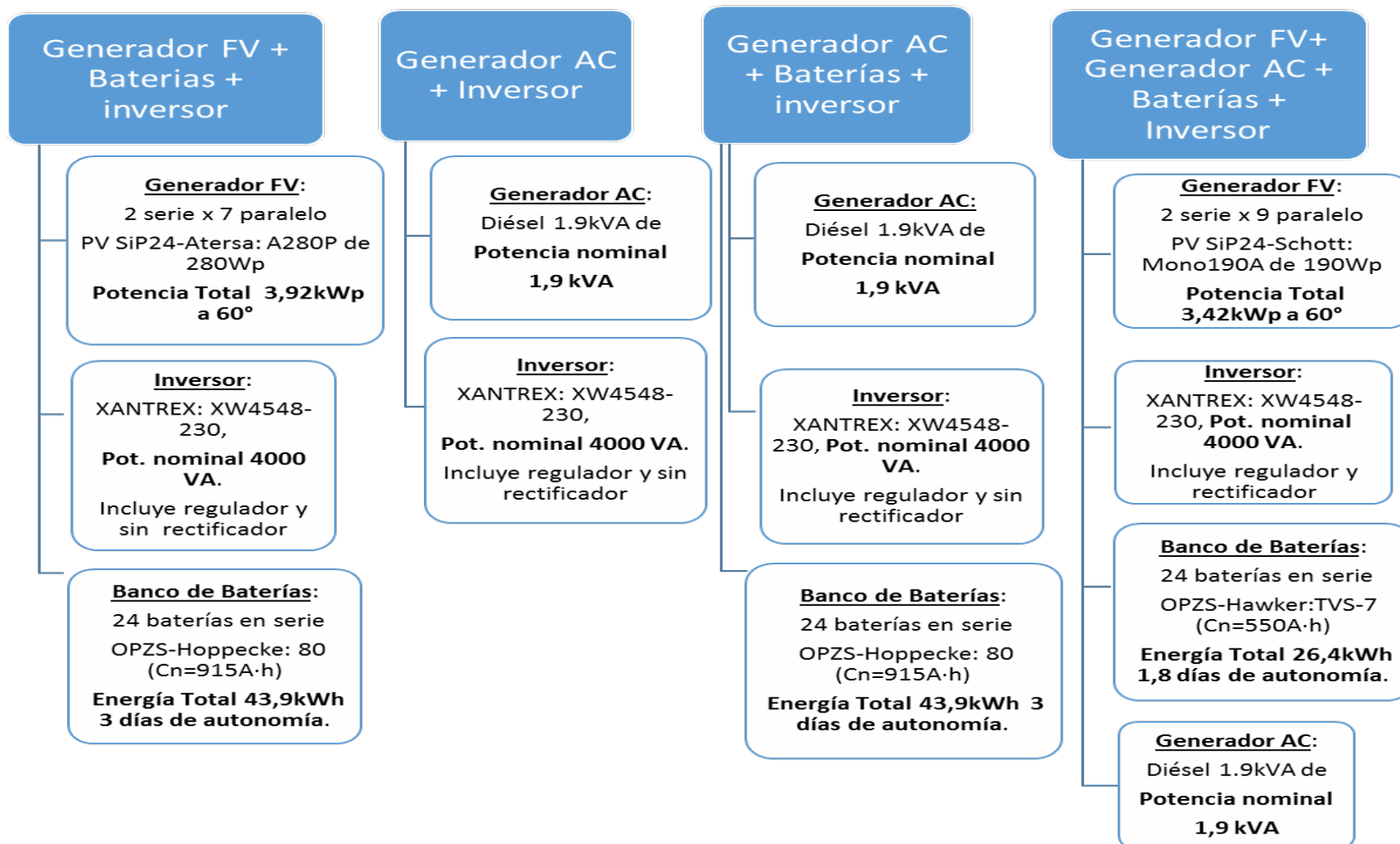
## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Inst. Fotovoltaica Híbrida Aislada .....	13.065,61	100,00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>13.065,61</b>	
	13,00 % Gastos generales .....	1.698,53	
	6,00 % Beneficio industrial .....	783,94	
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>2.482,47</b>	
	21,00 % I.V.A. ....	3.265,10	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>18.813,18</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>18.813,18</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DIECIOCHO MIL OCHOCIENTOS TRECE EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS

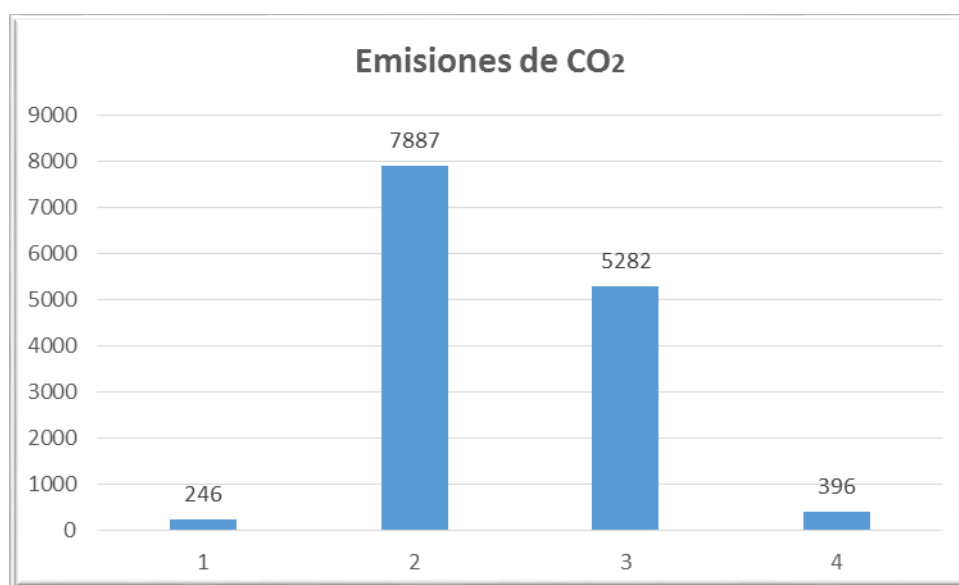
[27]

## 6.5 Resumen características de los sistemas



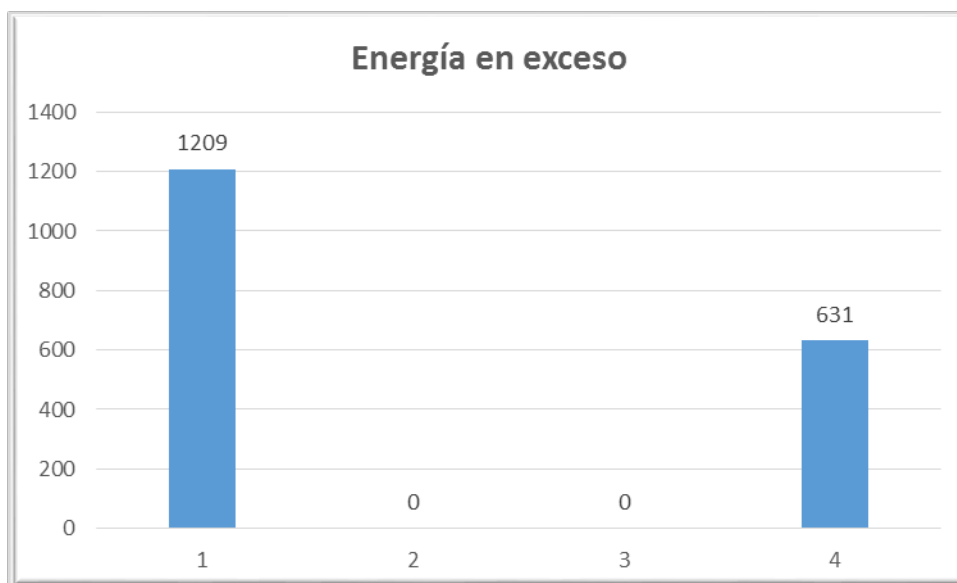
## 6.6 Comparación

Una vez realizadas todas las simulaciones se han comparado los resultados con el fin de seleccionar el sistema óptimo en base a las emisiones de CO<sub>2</sub>, el exceso de energía y al coste del sistema.



*Ilustración 60. Emisiones de CO<sub>2</sub> en las distintas simulaciones*

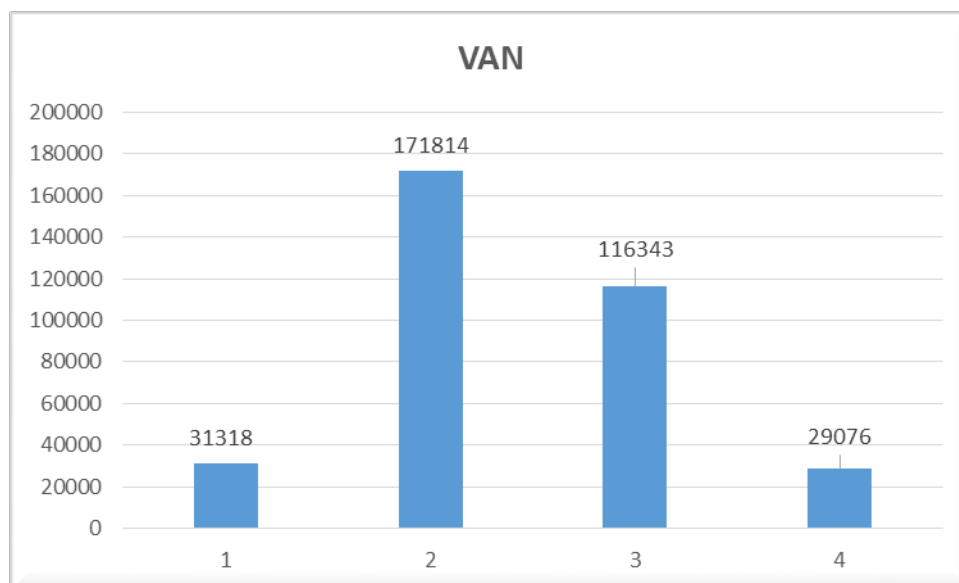
En esta primera gráfica se muestra el valor de las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada simulación. La simulación con menores emisiones es la primera por tratarse de un sistema completamente renovable. La simulación 2 y la 3 tienen emisiones muy elevadas debido principalmente al uso de una abundante cantidad de combustible para poder cubrir el consumo. En la última simulación las emisiones son un poco más elevadas que en la primera debido a que se trata de un sistema un 96,2% renovable, estas son más elevadas debido al generador AC y el uso de combustible.



*Ilustración 61. Energía en exceso en las distintas simulaciones*

Respecto a la energía generada en exceso, en las simulaciones 2 y 3 no existe debido a que el generador AC se adecua perfectamente al consumo generando únicamente la energía necesaria para cubrir este. En el caso de la primera simulación la energía en exceso es muy elevada, estos sistemas deben estar sobredimensionados para poder frente al consumo durante las horas en las que no existe generación.

Con la simulación 4 se ha obtenido un sistema casi renovable, reduciendo a la mitad la energía en exceso al incorporar un generador AC a la instalación, permitiendo reducir la potencia generada por el generador FV y el tamaño del banco de baterías.

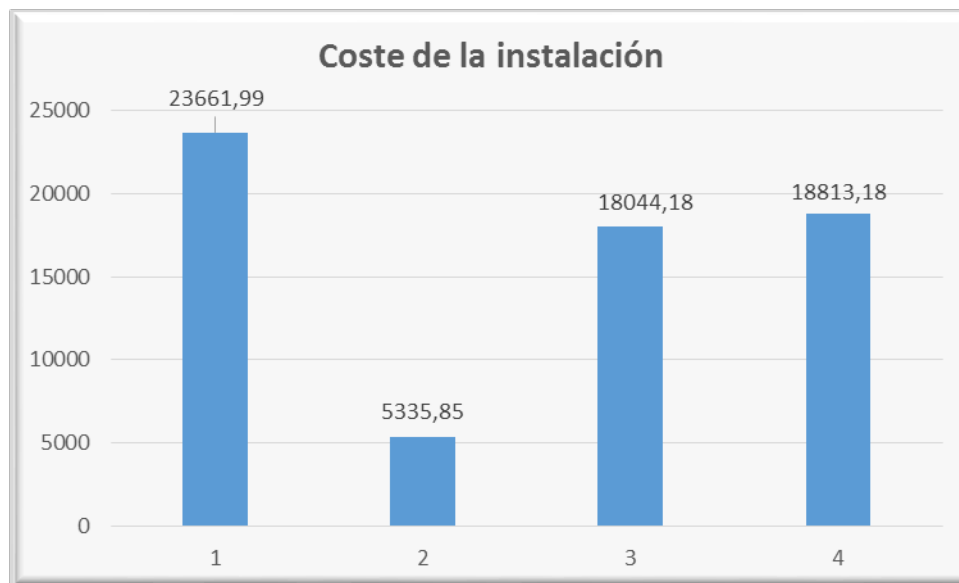


*Ilustración 62. VAN en las distintas simulaciones*

En lo que refiere al aspecto económico el sistema económicamente más rentable es la simulación 4, gracias a la combinación de todos los dispositivos se consigue cubrir el consumo con un generador FV de menor potencia, un banco de baterías con menor capacidad nominal y un generador AC que consume la mínima cantidad de combustible necesaria.

En la primera simulación el coste es más elevado debido a que se necesita un banco de baterías con mayor autonomía para poder satisfacer todo el consumo con la energía generado por el generador FV en las horas de luz.

En la simulación 2 el coste es muy elevado debido al consumo de una gran cantidad de combustible, en la simulación 3 se consigue reducir un poco este coste debido a que al introducir el banco de baterías el motor funciona durante menos tiempo y así se consigue un ahorro tanto en económico como en combustible.



*Ilustración 63. Coste de la instalación en las distintas simulaciones*

Al contrario que en el caso del VAN, las instalaciones con menor coste son las diseñadas en la simulación 2 y la 3 debido a que son las que menos componentes tienen.

El sistema con el coste de instalación más caro es el sistema renovable debido a que necesita un generador FV y un banco de baterías de gran capacidad para poder satisfacer el consumo.

El sistema híbrido tiene un coste intermedio a pesar de ser el sistema con mayor número de equipos, pero al tener una generación auxiliar dispone de un generador FV y un banco de baterías de menor capacidad. El generador AC solo se utiliza para ayudar a la generación en los picos de consumo o cuando en caso de fallo por lo que el uso de combustible no es muy elevado lo que no supone un gasto excesivo.

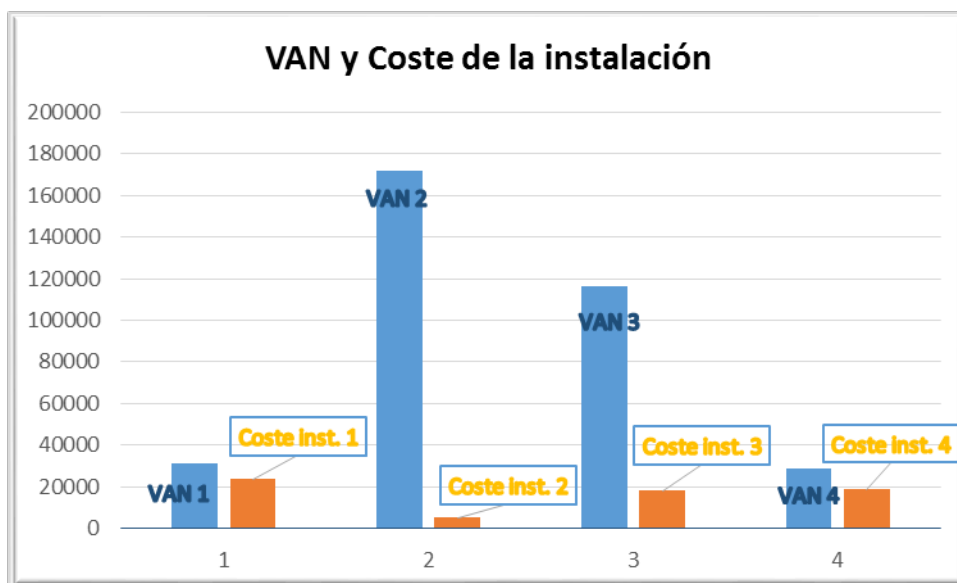


Ilustración 64. Relación entre el VAN y el coste de la instalación

Como se observa en la gráfica, en los sistemas fotovoltaicos el coste total es prácticamente el coste de la instalación, debido a que el mantenimiento es muy reducido. Al contrario ocurre con las instalaciones de las simulaciones 2 y 3, que el coste de la instalación es muy reducido pero el coste total es muy elevado debido al uso de gran cantidad de combustible.

Tabla 12. Valores de los resultados obtenidos en las simulaciones

	VAN	Coste de la instalación	Emisiones CO <sub>2</sub>	Energía en exceso
	€	€	kgCO <sub>2</sub> /año	kWh/año
Simulación 1	31318	23661,99	246	1209
Simulación 2	171814	5335,85	7887	0
Simulación 3	116343	18044,18	5282	0
Simulación 4	29076	18813,18	396	631

A tendiendo a todo lo indicado anteriormente se descartan las simulaciones 2 y 3 por tener un elevado coste y elevadas emisiones de CO<sub>2</sub>.

Entre la simulación 1 y la 4 se ha elegido la 4 porque a pesar de ser muy semejantes, la 4 tiene un menor coste total, menor coste de instalación y menor exceso de energía.



## 7. Conclusiones

Con las simulaciones realizadas se ha podido comprobar que el sistema híbrido diésel es el sistema más rentable de los sistemas estudiados.

Dicho sistema aprovecha al máximo la energía procedente del sol, utilizándola para cubrir la demanda o acumulándola en baterías para las horas en la que no exista generación y además cuenta con una generación auxiliar, lo que hace a este sistema mucho más fiable ya que la generación está disponible 24h horas del día, en caso de ser necesario.

Por otro lado las pérdidas de energía son muy reducidas comparadas con los otros casos debido a que se ha minimizado la potencia necesaria del generador FV y la capacidad del banco de baterías al introducir el generador AC, que refuerza la generación ante los picos de consumo o fallos del sistema.

En cuanto al aspecto económico se ha observado que, a pesar de la gran inversión inicial que se requiere y aunque puede resultar necesario solicitar un préstamo para hacer frente a dicha inversión, a la larga el sistema resulta mucho más rentable y además el usuario permanece ajeno a las fluctuaciones del mercado eléctrico que puedan ocasionarse en el sistema convencional de conexión a la red.

Por último, este sistema resulta medioambientalmente sostenible ya que se reducen en gran medida las emisiones de CO<sub>2</sub>, aspecto muy importante teniendo en cuenta la situación actual del planeta con respecto al cambio climático.

### Diagrama de horas utilizadas en el desarrollo del proyecto

	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero	
Quincenas	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Recopilación información												
Aprendizaje software												
Simulaciones software												
Estudio económico												
Redacción memoria												
Presentación												

Número total de horas empleadas en el desarrollo del proyecto: 360 horas

## 8. Bibliografía

- [1] Lopez, D. R. (2014). *Manual de usuario iHoga*. Universidad de Zaragoza, Departamento Ingeniería Eléctrica. Recuperado el 1 de Septiembre de 2014
- [2] Endesa. (2008). *Twenergy*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.twenergy.com>
- [3] Junta de Andalucía. *Agencia Andaluza de la energía*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es>
- [4] Grupo Solesfero. (2004). *Solesfero*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.solesfero.com>
- [5] Asociación de Energías Renovables. *Appa*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.appa.es>
- [6] Renewables Academy AG. *Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global*. Recuperado en Septiembre de 2014
- [7] Enerpoint. (2001). *Enerpoint*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.enerpoint.es>
- [8] EPIA, Asociación Europea Fotovoltaica. (2014). *Global market outlook for photovoltaics 2014-2018*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.epia.org>
- [9] UNEF (Unión Española Fotovoltaica). (2014). *La energía fotovoltaica conquista el mercado*. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.uneef.es>
- [10] UNEF (Unión Española Fotovoltaica). Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.uneef.es>
- [11] Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://www.uc3m.es>
- [12] SMA. *Autoconsumo energético y gestión de la energía, una realidad*. Recuperado en Octubre de 2014, de <http://www.sma-iberica.com>
- [13] Circuitor. *Soluciones para el autoconsumo*. Recuperado en Octubre de 2014, de <http://www.circuitor.es>
- [14] *Ayudas energía*. Recuperado en Octubre de 2014, de <http://www.ayudasenergia.com>
- [15] Gonzalez, R. G. (2013). *Sistema de energía solar fotovoltaica aislado para alimentación de estaciones de comunicaciones aisladas*. TFG. Recuperado en Octubre de 2014
- [16] Horikoshi, I. (2009). *Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red*. TFG. Recuperado en Octubre de 2014
- [17] Econverter. Recuperado en Octubre de 2014, de <http://econverter.es>

- [18] Vicente Salas Merino, M. L. (2014). *Integración del autoconsumo fotovoltaico en sistemas híbrido diesel, parte I*. Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado en Octubre de 2014
- [19] Merino, V. S. *Hibridación fotovoltaica aislada: configuración y topologías*. Recuperado en Octubre de 2014
- [20] Merino, V. S. (2013). *Sistemas Híbridos fotovoltaicos aislados: soluciones técnicas*. Recuperado en Octubre de 2014
- [21] *Componentes de una instalación solar fotovoltaica*. Recuperado en Enero de 2015
- [22] García, M. d. *El generador fotovoltaico*. EOI. Recuperado en Enero de 2015
- [23] Montes, B. G. (2009). *Análisis del seguimiento del punto de máxima potencia de los inversores fotovoltaicos de conexión a red*. Recuperado en Enero de 2015
- [24] Banco BBVA. (Septiembre de 2014). Datos económicos del presupuesto de las instalaciones.
- [25] Merino, V. S. (2014). *power converters implemented in the photovoltaic hybrid solutions*. Recuperado en Enero de 2015
- [26] Datos radiación solar. Recuperado en Septiembre de 2014, de <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- [27] Presupuesto de la instalación. Programa PRESTO

## 9. ANEXO 1:

### Datos de las simulaciones obtenidas

# Simulacion1: Generador FV + Baterías + Inversor

Tensión DC: 48 V. Tensión AC: 230 V

## COMPONENTES

Paneles PV SiP24-Atersa: A280P (280 Wp): 2 serie x 7 par. P total = 3,92 kWp, 60° inc.

Baterías OPZS-Hoppecke:800 (Cn=915 A·h): 24 s. x 1 p. E total = 43,9 kWh (3 d.aut)

Sin Aerogeneradores

Sin Turbina Hid.

Sin Generador AC

Sin Pila Comb.

Sin Electrolizador

Inversor XANTREX: XW4548-230, pot. nominal 4000 VA

Regulador carga bat. incluido en inversor //

Sin Rectificador-cargador baterías

## ESTRATEGIA DE CONTROL:

SEGUIMIENTO DE LA DEMANDA. SOC mín. baterías = 20 %

SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES SUPERIOR AL CONSUMO: CARGA

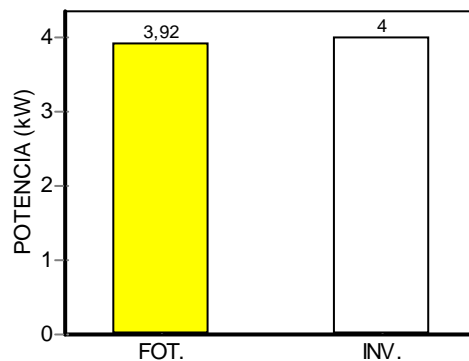
Se cargan las Baterías con la potencia sobrante

SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES INFERIOR AL CONSUMO: DESCARGA

Toda la potencia que falta deben suministrarla las baterías. Si no pueden, como no tienen apoyo, la energía que falte será Energía No Suministrada.

No existe Generador AC

No existe Pila de Combustible



Coste inicial de la inversión: 16722 € Préstamo del 80 %, cuota anual: 1690,7 € Coste combust. gen. AC 1º año: 0 €

COSTES PERIODO ESTUDIO (25 años) (VAN): (frente a caso de solo RED AC, 3650kWh/año. C.total (VAN) de 32380 €)

Coste Total del sistema (VAN): 31318 € Coste actualizado de la energía suministrada: 0,34 €/kWh

Coste Grupo Fotovoltaico (VAN): 7339 €

Coste Banco Baterías (VAN): 14192 €

-----

-----

-----

-----

-----

-----

Coste Inversor (VAN): 5888 €

-----

-----

-----

## BALANCE DE ENERGÍAS DEL SISTEMA A LO LARGO DE 1 AÑO:

Energía Total Demandada: 3649 kWh/año. Cubierta por ren.100%

Energía No Servida: 0 kWh/año (0 % de la demandada)

Energía producida en Exceso: 1209 kWh/año

Energía generada por los Paneles Fotov.: 5668 kWh/año

Energía generada por los Aerogeneradores: 0 kWh/año

Energía generada por la Turbina Hid.: 0 kWh/año

Energía generada por el Generador AC: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento del Generador AC: 0 h/año

Energía generada por la Pila de Combustible: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento de la Pila de Comb.: 0 h/año

Energía consumida por el Electrolizador: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento del Electrolizador: 0 h/año

Energía cargada en las baterías: 2137 kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 2180 kWh/año

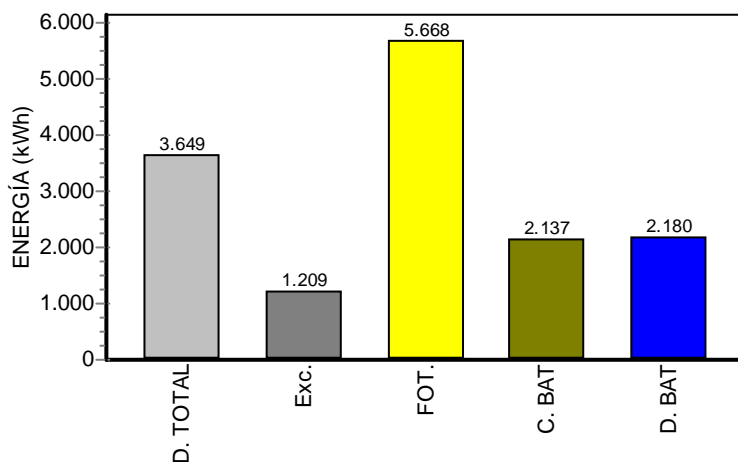
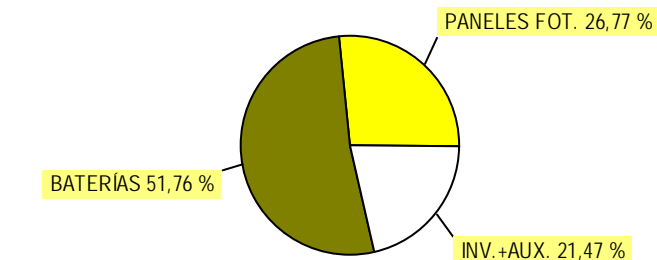
Vida de las baterías: 20 años

E. Eléctrica Vendida a Red AC: 0 kWh/año

E. Eléctrica Comprada a Red AC: 0 kWh/año

Emisiones totales de CO2 : 246 kg CO2/año; Emisiones solo del generador AC(debidas al consumo de 0 litro/año): 0 kg CO2/año

H2 vendido anual : 0 kg H2/año //// IDH: 0,6129. Empleos creados durante vida sistema: 0,1233



## Simulación 2: Generador AC + Inversor

48 V. Tensión AC: 230 V

### COMPONENTES

Sin Paneles Fotov.

Sin Baterías

Sin Aerogeneradores

Sin Turbina Hid.

Gen. AC Diesel 1.9kVA de pot. nominal 1,9 kVA

Sin Pila Comb.

Sin Electrolizador

Inversor XANTREX: XW4548-230, pot. nominal 4000 VA

Sin Rectificador-cargador baterías

### ESTRATEGIA DE CONTROL:

#### SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES SUPERIOR AL CONSUMO: CARGA

Al no haber baterías ni electrolizador la potencia sobrante se pierde o se vende a la red

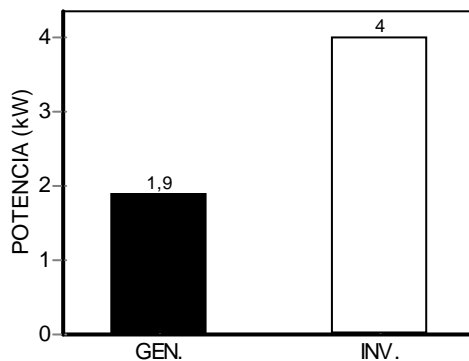
#### SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES INFERIOR AL CONSUMO: DESCARGA

Toda la potencia que falta debe suministrarla el Generador AC. Si no puede, como no tiene apoyo, la energía que falte será Energía No Suministrada.

No existen baterías

No existe Pila de Combustible

Potencia mínima de funcionamiento del Generador AC : 50 W



Coste inicial de la inversión: 3899 € Préstamo del 80 %, cuota anual: 394,2 € Coste combust. gen. AC 1º año: 2208,48 €

**COSTES PERIODO ESTUDIO (25 años) (VAN): (frente a caso de solo RED AC, 3650kWh/año, C.total (VAN) de 32380 €)**

**Coste Total del sistema (VAN): 171814 € Coste actualizado de la energía suministrada: 1,88 €/kWh**

-----

-----

-----

Coste Generador AC(VAN): 60162 €

-----

-----

Coste Inversor (VAN): 5888 €

Coste Combustible Generador AC (VAN): 104560 €

-----

-----

### BALANCE DE ENERGÍAS DEL SISTEMA A LO LARGO DE 1 AÑO:

Energía Total Demandada: 3650 kWh/año. Cubierta por ren.0%

Energía No Servida: 0 kWh/año (0 % de la demandada)

Energía producida en Exceso: 0 kWh/año

Energía generada por los Paneles Fotov.: 0 kWh/año

Energía generada por los Aerogeneradores: 0 kWh/año

Energía generada por la Turbina Hid.: 0 kWh/año

Energía generada por el Generador AC: 3650 kWh/año

Horas de funcionamiento del Generador AC: 8760 h/año

Energía generada por la Pila de Combustible: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento de la Pila de Comb.: 0 h/año

Energía consumida por el Electrolizador: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento del Electrolizador: 0 h/año

Energía cargada en las baterías: 0 kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 0 kWh/año

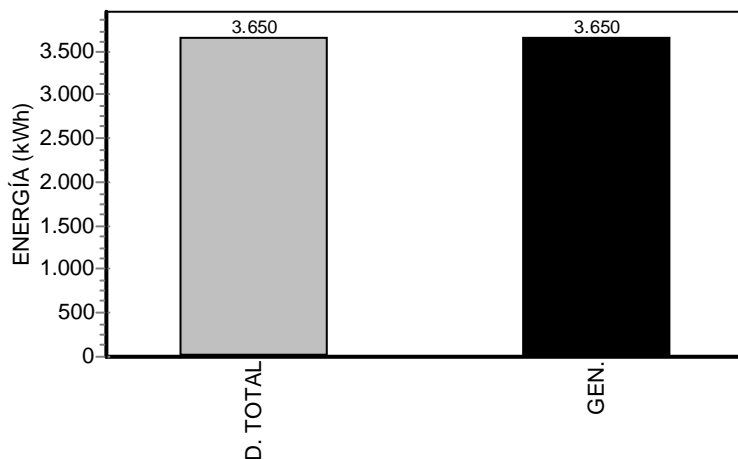
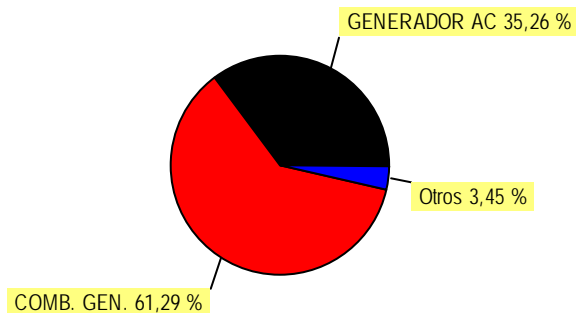
Vida de las baterías: 12 años

E. Eléctrica Vendida a Red AC: 0 kWh/año

E. Eléctrica Comprada a Red AC: 0 kWh/año

Emisiones totales de CO2 : 8245 kg CO2/año; Emisiones solo del generador AC(debidas al consumo de 2253,6 litro/año): 7887 kg CO2/año

H2 vendido anual : 0 kg H2/año /// IDH: 0,6129. Empleos creados durante vida sistema: 0,0128



### Simulación 3: Generador AC + Baterías + Inversor

DC: 48 V. Tensión AC: 230 V

#### COMPONENTES

Sin Paneles Fotov.

Baterías OPZS-Hoppecke:800 (Cn=915 A·h): 24 s. x 1 p. E total = 43,9 kWh (3 d.aut)

Sin Aerogeneradores

Sin Turbina Hid.

Gen. AC Diesel 1.9kVA de pot. nominal 1,9 kVA

Sin Pila Comb.

Sin Electrolizador

Inversor XANTREX: XW4548-230, pot. nominal 4000 VA

Regulador carga bat. incluido en inversor //

Rectificador-cargador baterías incluido en inversor

#### ESTRATEGIA DE CONTROL:

SEGUIMIENTO DE LA DEMANDA. SOC mín. baterías = 20 %

SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES SUPERIOR AL CONSUMO: CARGA

Se cargan las Baterías con la potencia sobrante

SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES INFERIOR AL CONSUMO: DESCARGA

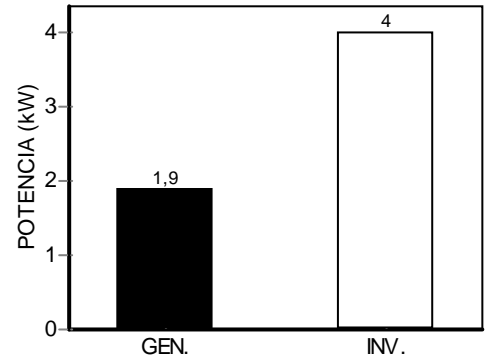
La potencia que falta para cubrir el consumo la dan las baterías (si no pueden suministrarla toda, el resto la dará el Generador AC).

$P_{1gen} = INF \text{ W}$

No existe Pila de Combustible

Potencia mínima de funcionamiento del Generador AC : 1634 W

Siempre que la potencia que deba dar el Generador AC sea inferior a la  $P_{critica\_gen} = 0 \text{ W}$ , funcionará a la máxima potencia, siempre y cuando no se pierda energía, y cargando las baterías hasta que el SOC alcance el 20 %



Coste inicial de la inversión: 15661 € Préstamo del 80 %, cuota anual: 1583,4 € Coste combust. gen. AC 1º año: 1479,05 €

COSTES PERIODO ESTUDIO (25 años) (VAN): (frente a caso de solo RED AC, 3650kWh/año, C.total (VAN) de 32380 €)

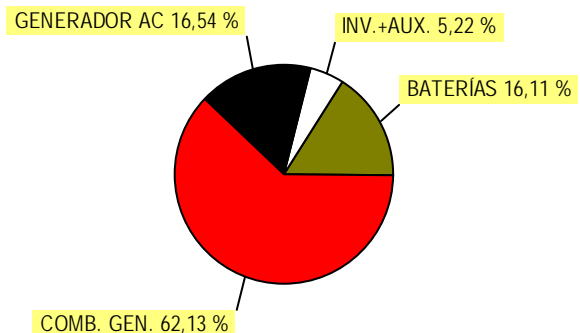
Coste Total del sistema (VAN): 116343 € Coste actualizado de la energía suministrada: 1,27 €/kWh

Coste Banco Baterías (VAN): 18157 €

Coste Generador AC(VAN): 18639 €

Coste Inversor (VAN): 5888 €

Coste Combustible Generador AC (VAN): 70025 €



#### BALANCE DE ENERGÍAS DEL SISTEMA A LO LARGO DE 1 AÑO:

Energía Total Demandada: 3650 kWh/año. Cubierta por ren.0%

Energía No Servida: 0 kWh/año (0 % de la demandada)

Energía producida en Exceso: 0 kWh/año

Energía generada por los Paneles Fotov.: 0 kWh/año

Energía generada por los Aerogeneradores: 0 kWh/año

Energía generada por la Turbina Hid.: 0 kWh/año

Energía generada por el Generador AC: 4429 kWh/año

Horas de funcionamiento del Generador AC: 2711 h/año

Energía generada por la Pila de Combustible: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento de la Pila de Comb.: 0 h/año

Energía consumida por el Electrolizador: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento del Electrolizador: 0 h/año

Energía cargada en las baterías: 2716 kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 2767 kWh/año

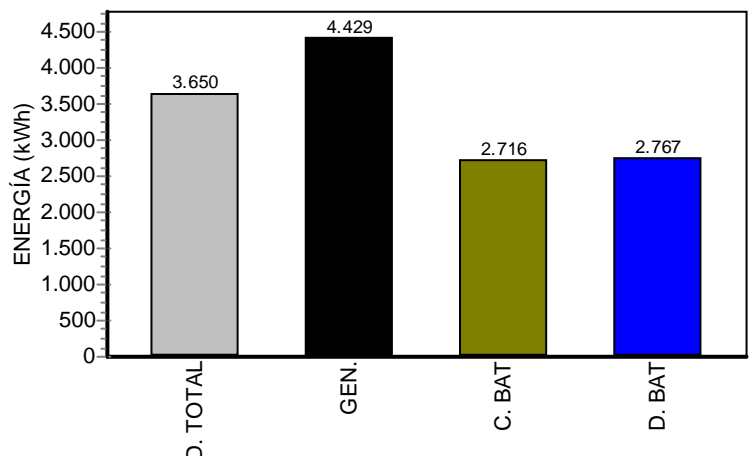
Vida de las baterías: 19,97 años

E. Eléctrica Vendida a Red AC: 0 kWh/año

E. Eléctrica Comprada a Red AC: 0 kWh/año

Emisiones totales de CO2 : 5513 kg CO2/año; Emisiones solo del generador AC(debidas al consumo de 1509,2 litro/año): 5282 kg CO2/año

H2 vendido anual : 0 kg H2/año /// IDH: 0,6129. Empleos creados durante vida sistema: 0,0155





## Simulación 4: Generador FV + Generador AC + Baterías + Inversor

DC: 48 V. Tensión AC: 230 V

### COMPONENTES

Paneles PV SiP24-Schott:Mono190 (190 Wp): 2 serie x 9 par. P total = 3,42 kWp, 60° inc.

Baterías OPZS-Hawker:TVS-7 (Cn=550 A·h): 24 s. x 1 p. E total = 26,4 kWh (1,8 d.aut)

Sin Aerogeneradores

Sin Turbina Hid.

Gen. AC Diesel 1.9kVA de pot. nominal 1,9 kVA

Sin Pila Comb.

Sin Electrolizador

Inversor XANTREX: XW4548-230, pot. nominal 4000 VA

Regulador carga bat. incluido en inversor //

Rectificador-cargador baterías incluido en inversor

### ESTRATEGIA DE CONTROL:

SEGUIMIENTO DE LA DEMANDA. SOC mín. baterías = 20 %

### SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES SUPERIOR AL CONSUMO: CARGA

Se cargan las Baterías con la potencia sobrante

### SI LA POTENCIA PRODUCIDA POR LAS FUENTES RENOVABLES ES INFERIOR AL CONSUMO: DESCARGA

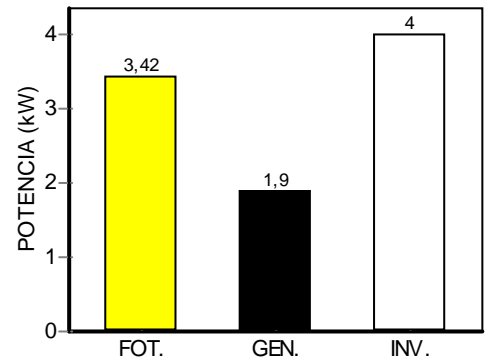
Si la potencia que falta para cubrir el consumo es inferior a  $P_{1gen} = 900$  W, dicha potencia la dan las baterías (si no pueden suministrarla toda, el resto la dará el Generador AC). Por encima de dicha potencia  $P_1$ , la potencia la dará el Generador (si no es suficiente se verá ayudado por las baterías).

$P_{1gen} = 900$  W

No existe Pila de Combustible

Potencia mínima de funcionamiento del Generador AC : 900 W

Siempre que la potencia que deba dar el Generador AC sea inferior a la  $P_{critica\_gen} = 0$  W, funcionará a la máxima potencia, siempre y cuando no se pierda energía, y cargando las baterías hasta que el SOC alcance el 20 %



Coste inicial de la inversión: 13213 € Préstamo del 80 %, cuota anual: 1335,9 € Coste combust. gen. AC 1º año: 56,15 €

**COSTES PERIODO ESTUDIO (25 años) (VAN): (frente a caso de solo RED AC, 3650kWh/año. C.total (VAN) de 32380 €)**

**Coste Total del sistema (VAN): 29076 € Coste actualizado de la energía suministrada: 0,32 €/kWh**

Coste Grupo Fotovoltaico (VAN): 6574 €

Coste Banco Baterías (VAN): 9111 €

-----

-----

Coste Generador AC(VAN): 1683 €

-----

-----

-----

Coste Inversor (VAN): 5888 €

Coste Combustible Generador AC (VAN): 2658 €

-----

-----

### BALANCE DE ENERGÍAS DEL SISTEMA A LO LARGO DE 1 AÑO:

Energía Total Demandada: 3650 kWh/año. Cubierta por ren.96,2%

Energía No Servida: 0 kWh/año (0 % de la demandada)

Energía producida en Exceso: 631 kWh/año

Energía generada por los Paneles Fotov.: 4945 kWh/año

Energía generada por los Aerogeneradores: 0 kWh/año

Energía generada por la Turbina Hid.: 0 kWh/año

Energía generada por el Generador AC: 139 kWh/año

Horas de funcionamiento del Generador AC: 148 h/año

Energía generada por la Pila de Combustible: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento de la Pila de Comb.: 0 h/año

Energía consumida por el Electrolizador: 0 kWh/año

Horas de funcionamiento del Electrolizador: 0 h/año

Energía cargada en las baterías: 2071 kWh/año

Energía descargada desde las baterías: 2100 kWh/año

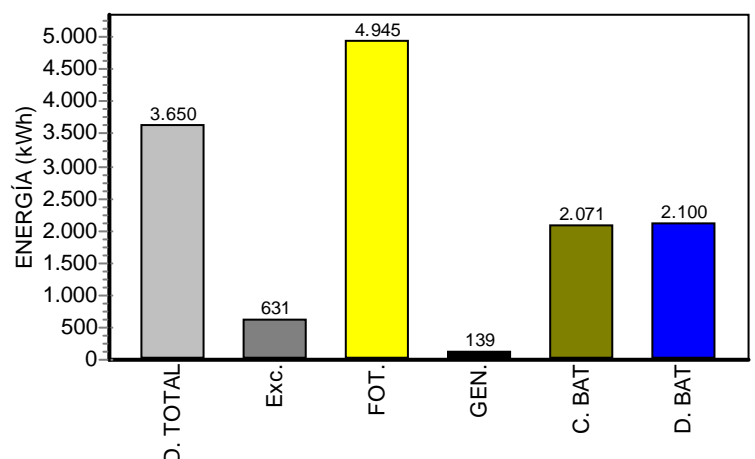
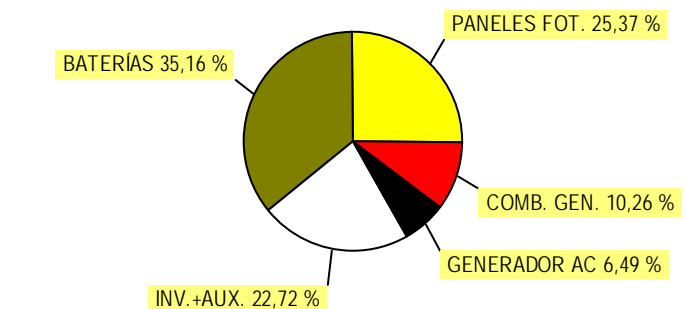
Vida de las baterías: 18 años

E. Eléctrica Vendida a Red AC: 0 kWh/año

E. Eléctrica Comprada a Red AC: 0 kWh/año

Emisiones totales de CO2 : 396 kg CO2/año; Emisiones solo del generador AC(debidas al consumo de 57,3 litro/año): 200 kg CO2/año

H2 vendido anual : 0 kg H2/año /// IDH: 0,6129. Empleos creados durante vida sistema: 0,1081





## 10. ANEXO 2:

### Calculo del VAN de las simulaciones

Calculo del VAN Simulación 1

AÑO	Costes Gen.Fotov.		O&M Gen.Fotov.		Costes Inversor		Costes Baterías		O&M Baterías		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN
0	4900.0	4900.0	0.0	0.0	2400.0	2400.0	8712.0	8712.0	0.0	0.0	3344.4	3344.4	3344.4	3344.4
1	0.0	0.0	101.1	100.7	0.0	0.0	0.0	0.0	152.3	151.7	1690.7	1684.4	1944.0	1936.9
2	0.0	0.0	101.2	100.5	0.0	0.0	0.0	0.0	152.4	151.3	1690.7	1678.2	1944.3	1930.0
3	0.0	0.0	101.3	100.2	0.0	0.0	0.0	0.0	152.6	150.9	1690.7	1672.0	1944.5	1923.1
4	0.0	0.0	101.4	99.9	0.0	0.0	0.0	0.0	152.7	150.5	1690.7	1665.9	1944.8	1916.3
5	0.0	0.0	101.5	99.6	0.0	0.0	0.0	0.0	152.9	150.1	1690.7	1659.7	1945.1	1909.5
6	0.0	0.0	101.6	99.4	0.0	0.0	0.0	0.0	153.0	149.7	1690.7	1653.6	1945.3	1902.7
7	0.0	0.0	101.7	99.1	0.0	0.0	0.0	0.0	153.2	149.3	1690.7	1647.5	1945.6	1895.9
8	0.0	0.0	101.8	98.8	0.0	0.0	0.0	0.0	153.3	148.9	1690.7	1641.4	1945.8	1889.2
9	0.0	0.0	101.9	98.6	0.0	0.0	0.0	0.0	153.5	148.5	1690.7	1635.4	1946.1	1882.5
10	0.0	0.0	102.0	98.3	2424.1	2336.2	0.0	0.0	153.6	148.1	1690.7	1629.4	4370.4	4212.0
11	0.0	0.0	102.1	98.1	0.0	0.0	0.0	0.0	153.8	147.7	0.0	0.0	255.9	245.7
12	0.0	0.0	102.2	97.8	0.0	0.0	0.0	0.0	154.0	147.3	0.0	0.0	256.2	245.1
13	0.0	0.0	102.3	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	154.1	146.9	0.0	0.0	256.4	244.4
14	0.0	0.0	102.4	97.3	0.0	0.0	0.0	0.0	154.3	146.5	0.0	0.0	256.7	243.8
15	0.0	0.0	102.5	97.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.4	146.1	0.0	0.0	256.9	243.1
16	0.0	0.0	102.6	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0	154.6	145.7	0.0	0.0	257.2	242.4
17	0.0	0.0	102.7	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0	154.7	145.3	0.0	0.0	257.5	241.8
18	0.0	0.0	102.8	96.2	0.0	0.0	0.0	0.0	154.9	144.9	0.0	0.0	257.7	241.1
19	0.0	0.0	102.9	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.0	144.5	0.0	0.0	258.0	240.5
20	0.0	0.0	103.0	95.7	2448.5	2274.1	5816.2	5402.1	155.2	144.1	0.0	0.0	8522.9	7916.0
21	0.0	0.0	103.1	95.4	0.0	0.0	0.0	0.0	155.3	143.8	0.0	0.0	258.5	239.2
22	0.0	0.0	103.2	95.2	0.0	0.0	0.0	0.0	155.5	143.4	0.0	0.0	258.7	238.6
23	0.0	0.0	103.3	94.9	0.0	0.0	0.0	0.0	155.7	143.0	0.0	0.0	259.0	237.9
24	0.0	0.0	103.5	94.7	0.0	0.0	0.0	0.0	155.8	142.6	0.0	0.0	259.3	237.3
25	0.0	0.0	103.6	94.4	-1230.4	-1121.9	-3943.0	-3595.3	156.0	142.2	0.0	0.0	-4913.9	-4480.5
VAN	Costes Gen.Fotov.		O&M Gen.Fotov.		Costes Inversor		Costes Baterías		O&M Baterías		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	4900.0		2438.6		5888.5		10518.8		3672.8		19912.1		31318.8	

Calculo del VAN Simulación 2

AÑO	Costes Gen. AC		O&M Gen.AC		Costes Inversor		Costes Comb. Gen AC		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN
0	1040.0	1040.0	0.0	0.0	2400.0	2400.0	0.0	0.0	779.8	779.8	779.8	779.8
1	1041.0	1037.2	1578.4	1572.6	0.0	0.0	2318.9	2310.4	394.2	392.7	5332.5	5312.8
2	1042.1	1034.4	1580.0	1568.3	0.0	0.0	2434.9	2416.9	394.2	391.3	5451.1	5411.0
3	1043.1	1031.6	1581.5	1564.1	0.0	0.0	2556.6	2528.4	394.2	389.8	5575.4	5514.0
4	1044.2	1028.9	1583.1	1559.9	0.0	0.0	2684.4	2645.1	394.2	388.4	5705.9	5622.2
5	1045.2	1026.1	1584.7	1555.7	0.0	0.0	2818.6	2767.1	394.2	387.0	5842.7	5735.8
6	1046.3	1023.3	1586.3	1551.5	0.0	0.0	2959.6	2894.7	394.2	385.5	5986.3	5855.1
7	1047.3	1020.6	1587.9	1547.3	0.0	0.0	3107.6	3028.2	394.2	384.1	6136.9	5980.3
8	0.0	0.0	1589.5	1543.2	0.0	0.0	3262.9	3167.9	394.2	382.7	5246.6	5093.8
9	1049.4	1015.1	1591.0	1539.0	0.0	0.0	3426.1	3314.1	394.2	381.3	6460.7	6249.5
10	1050.4	1012.4	1592.6	1534.9	2424.1	2336.2	3597.4	3467.0	394.2	379.9	9058.8	8730.3
11	1051.5	1009.6	1594.2	1530.8	0.0	0.0	3777.3	3626.9	0.0	0.0	6423.0	6167.3
12	1052.5	1006.9	1595.8	1526.6	0.0	0.0	3966.1	3794.2	0.0	0.0	6614.5	6327.8
13	1053.6	1004.2	1597.4	1522.5	0.0	0.0	4164.4	3969.2	0.0	0.0	6815.4	6496.0
14	1054.7	1001.5	1599.0	1518.4	0.0	0.0	4372.6	4152.3	0.0	0.0	7026.3	6672.3
15	1055.7	998.8	1600.6	1514.4	0.0	0.0	4591.3	4343.8	0.0	0.0	7247.6	6857.0
16	0.0	0.0	1602.2	1510.3	0.0	0.0	4820.8	4544.2	0.0	0.0	6423.1	6054.5
17	1057.8	993.4	1603.8	1506.2	0.0	0.0	5061.9	4753.8	0.0	0.0	7723.5	7253.5
18	1058.9	990.8	1605.4	1502.2	0.0	0.0	5315.0	4973.1	0.0	0.0	7979.3	7466.1
19	1059.9	988.1	1607.0	1498.1	0.0	0.0	5580.7	5202.5	0.0	0.0	8247.7	7688.8
20	1061.0	985.5	1608.6	1494.1	2448.5	2274.1	5859.8	5442.5	0.0	0.0	10977.9	10196.2
21	1062.1	982.8	1610.2	1490.1	0.0	0.0	6152.7	5693.6	0.0	0.0	8825.1	8166.5
22	1063.1	980.2	1611.9	1486.1	0.0	0.0	6460.4	5956.2	0.0	0.0	9135.4	8422.5
23	1064.2	977.5	1613.5	1482.1	0.0	0.0	6783.4	6231.0	0.0	0.0	9461.1	8690.6
24	0.0	0.0	1615.1	1478.1	0.0	0.0	7122.6	6518.4	0.0	0.0	8737.7	7996.5
25	-106.6	-97.2	1616.7	1474.1	-1230.4	-1121.9	7478.7	6819.1	0.0	0.0	7758.4	7074.2
VAN	Costes Gen. AC		O&M Gen.AC		Costes Inversor		Costes Comb. Gen AC		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	22091.7		38070.7		5888.5		104560.9		4642.5		171814.3	

Calculo del VAN Simulación 3

AÑO	Costes Gen. AC		O&M Gen.AC		Costes Inversor		Costes Baterías		O&M Baterías		Costes Comb. Gen AC		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN
0	1040.0	1040.0	0.0	0.0	2400.0	2400.0	11325.6	11325.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3090.2	3090.2	3090.2	3090.2
1	0.0	0.0	488.5	486.7	0.0	0.0	0.0	0.0	178.5	177.8	1553.0	1547.3	1562.1	1556.4	3782.1	3768.1
2	0.0	0.0	489.0	485.4	0.0	0.0	0.0	0.0	178.6	177.3	1630.6	1618.6	1562.1	1550.6	3860.4	3832.0
3	1043.1	1031.6	489.4	484.1	0.0	0.0	0.0	0.0	178.8	176.8	1712.2	1693.3	1562.1	1544.9	4985.7	4930.8
4	0.0	0.0	489.9	482.8	0.0	0.0	0.0	0.0	179.0	176.4	1797.8	1771.4	1562.1	1539.2	4028.9	3969.8
5	0.0	0.0	490.4	481.5	0.0	0.0	0.0	0.0	179.2	175.9	1887.7	1853.1	1562.1	1533.6	4119.4	4044.0
6	0.0	0.0	490.9	480.2	0.0	0.0	0.0	0.0	179.4	175.4	1982.1	1938.6	1562.1	1527.9	4214.5	4122.1
7	1047.3	1020.6	491.4	478.9	0.0	0.0	0.0	0.0	179.5	174.9	2081.2	2028.1	1562.1	1522.3	5361.5	5224.7
8	0.0	0.0	491.9	477.6	0.0	0.0	0.0	0.0	179.7	174.5	2185.2	2121.6	1562.1	1516.7	4419.0	4290.3
9	0.0	0.0	492.4	476.3	0.0	0.0	0.0	0.0	179.9	174.0	2294.5	2219.5	1562.1	1511.1	4528.9	4380.8
10	0.0	0.0	492.9	475.0	2424.1	2336.2	0.0	0.0	180.1	173.5	2409.2	2321.9	1562.1	1505.5	7068.4	6812.1
11	1051.5	1009.6	493.4	473.7	0.0	0.0	0.0	0.0	180.3	173.1	2529.7	2429.0	0.0	0.0	4254.8	4085.4
12	0.0	0.0	493.9	472.5	0.0	0.0	0.0	0.0	180.4	172.6	2656.2	2541.0	0.0	0.0	3330.5	3186.1
13	0.0	0.0	494.4	471.2	0.0	0.0	0.0	0.0	180.6	172.1	2789.0	2658.2	0.0	0.0	3463.9	3301.6
14	1054.7	1001.5	494.9	469.9	0.0	0.0	0.0	0.0	180.8	171.7	2928.4	2780.8	0.0	0.0	4658.7	4424.0
15	0.0	0.0	495.4	468.7	0.0	0.0	0.0	0.0	181.0	171.2	3074.8	2909.1	0.0	0.0	3751.2	3549.0
16	0.0	0.0	495.8	467.4	0.0	0.0	0.0	0.0	181.2	170.8	3228.6	3043.3	0.0	0.0	3905.6	3681.5
17	0.0	0.0	496.3	466.1	0.0	0.0	0.0	0.0	181.3	170.3	3390.0	3183.7	0.0	0.0	4067.7	3820.1
18	1058.9	990.8	496.8	464.9	0.0	0.0	0.0	0.0	181.5	169.8	3559.5	3330.6	0.0	0.0	5296.7	4956.1
19	0.0	0.0	497.3	463.6	0.0	0.0	7715.4	7192.5	181.7	169.4	3737.5	3484.2	0.0	0.0	12131.9	11309.8
20	0.0	0.0	497.8	462.4	2448.5	2274.1	0.0	0.0	181.9	168.9	3924.4	3644.9	0.0	0.0	7052.5	6550.4
21	0.0	0.0	498.3	461.1	0.0	0.0	0.0	0.0	182.1	168.5	4120.6	3813.1	0.0	0.0	4801.0	4442.7
22	1063.1	980.2	498.8	459.9	0.0	0.0	0.0	0.0	182.2	168.0	4326.6	3989.0	0.0	0.0	6070.8	5597.0
23	0.0	0.0	499.3	458.7	0.0	0.0	0.0	0.0	182.4	167.6	4542.9	4173.0	0.0	0.0	5224.7	4799.2
24	0.0	0.0	499.8	457.4	0.0	0.0	0.0	0.0	182.6	167.1	4770.1	4365.5	0.0	0.0	5452.5	4990.0
25	-237.3	-216.3	500.3	456.2	-1230.4	-1121.9	-5117.2	-4665.9	182.8	166.7	5008.6	4566.8	0.0	0.0	-893.1	-814.3
VAN	Costes Gen. AC		O&M Gen.AC		Costes Inversor		Costes Baterías		O&M Baterías		Costes Comb. Gen AC		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	6858.0		11781.9		5888.5		13852.3		4304.4		70025.7		18398.3		116343.4	

Calculo del VAN Simulación 4

AÑO	Costes Gen.Fotov.		O&M Gen.Fotov.		Costes Gen. AC		O&M Gen.AC		Costes Inversor		Costes Baterías		O&M Baterías		Costes Comb. Gen AC		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN	caja año	VAN
0	4284.0	4284.0	0.0	0.0	1040.0	1040.0	0.0	0.0	2400.0	2400.0	4848.0	4848.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2642.7	2642.7	2642.7	2642.7
1	0.0	0.0	94.9	94.6	0.0	0.0	26.7	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	113.6	113.2	59.0	58.7	1335.9	1331.0	1630.1	1624.1
2	0.0	0.0	95.0	94.3	0.0	0.0	26.7	26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	113.7	112.9	61.9	61.4	1335.9	1326.1	1633.3	1621.2
3	0.0	0.0	95.1	94.1	0.0	0.0	26.7	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	113.8	112.6	65.0	64.3	1335.9	1321.2	1636.6	1618.5
4	0.0	0.0	95.2	93.8	0.0	0.0	26.7	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	113.9	112.3	68.2	67.2	1335.9	1316.3	1640.1	1616.0
5	0.0	0.0	95.3	93.6	0.0	0.0	26.8	26.3	0.0	0.0	0.0	0.0	114.0	112.0	71.7	70.3	1335.9	1311.5	1643.7	1613.6
6	0.0	0.0	95.4	93.3	0.0	0.0	26.8	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	114.2	111.7	75.2	73.6	1335.9	1306.6	1647.5	1611.4
7	0.0	0.0	95.5	93.1	0.0	0.0	26.8	26.1	0.0	0.0	0.0	0.0	114.3	111.4	79.0	77.0	1335.9	1301.8	1651.5	1609.4
8	0.0	0.0	95.6	92.8	0.0	0.0	26.9	26.1	0.0	0.0	0.0	0.0	114.4	111.1	83.0	80.5	1335.9	1297.0	1655.7	1607.5
9	0.0	0.0	95.7	92.6	0.0	0.0	26.9	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.5	110.8	87.1	84.3	1335.9	1292.2	1660.1	1605.8
10	0.0	0.0	95.8	92.3	0.0	0.0	26.9	25.9	2424.1	2336.2	0.0	0.0	114.6	110.5	91.5	88.1	1335.9	1287.5	4088.8	3940.6
11	0.0	0.0	95.9	92.1	0.0	0.0	26.9	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	114.7	110.2	96.0	92.2	0.0	0.0	333.6	320.3
12	0.0	0.0	96.0	91.8	0.0	0.0	27.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	114.8	109.9	100.8	96.5	0.0	0.0	338.6	323.9
13	0.0	0.0	96.1	91.6	0.0	0.0	27.0	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	115.0	109.6	105.9	100.9	0.0	0.0	343.9	327.8
14	0.0	0.0	96.2	91.3	0.0	0.0	27.0	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	115.1	109.3	111.2	105.6	0.0	0.0	349.4	331.8
15	0.0	0.0	96.3	91.1	0.0	0.0	27.0	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	115.2	109.0	116.7	110.4	0.0	0.0	355.2	336.1
16	0.0	0.0	96.4	90.8	0.0	0.0	27.1	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	115.3	108.7	122.6	115.5	0.0	0.0	361.3	340.6
17	0.0	0.0	96.5	90.6	0.0	0.0	27.1	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	115.4	108.4	128.7	120.9	0.0	0.0	367.7	345.3
18	0.0	0.0	96.6	90.4	0.0	0.0	27.1	25.4	0.0	0.0	3370.0	3153.3	115.5	108.1	135.1	126.4	0.0	0.0	3744.4	3503.5
19	0.0	0.0	96.7	90.1	0.0	0.0	27.2	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	115.7	107.8	141.9	132.3	0.0	0.0	381.3	355.5
20	0.0	0.0	96.8	89.9	0.0	0.0	27.2	25.2	2448.5	2274.1	0.0	0.0	115.8	107.5	149.0	138.4	0.0	0.0	2837.1	2635.1
21	0.0	0.0	96.9	89.6	0.0	0.0	27.2	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	115.9	107.2	156.4	144.8	0.0	0.0	396.4	366.8
22	0.0	0.0	96.9	89.4	0.0	0.0	27.2	25.1	0.0	0.0	0.0	0.0	116.0	107.0	164.2	151.4	0.0	0.0	404.4	372.9
23	0.0	0.0	97.0	89.1	0.0	0.0	27.3	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.1	106.7	172.5	158.4	0.0	0.0	412.9	379.3
24	0.0	0.0	97.1	88.9	0.0	0.0	27.3	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.2	106.4	181.1	165.7	0.0	0.0	421.7	386.0
25	0.0	0.0	97.2	88.7	0.0	0.0	27.3	24.9	-1230.4	-1121.9	-1787.9	-1630.2	116.4	106.1	190.1	173.4	0.0	0.0	-2587.2	-2359.0
VAN	Costes Gen.Fotov.		O&M Gen.Fotov.		Costes Gen. AC		O&M Gen.AC		Costes Inversor		Costes Baterías		O&M Baterías		Costes Comb. Gen AC		Costes Financiación		TOTAL(Costes-Ingresos)	
	4284.0		2289.8		1040.0		643.2		5888.5		6371.1		2739.9		2658.3		15734.0		29076.8	

## 11. ANEXO 3:

Fichas técnicas de los componentes de la  
instalación elegida

# SCHOTT PERFORM™ MONO series



## SCHOTT PERFORM™ MONO 180/185/190

### At a glance

- Monocrystalline high efficiency cells >17.6 %
- High annual energy yield
- Positive power tolerance
- Elegant design
- Double the required standard
- 25 years linear performance guarantee

The global German company SCHOTT Solar started developing and manufacturing components for the solar industry in 1958.

**Monocrystalline high efficiency cells >17.6 %:** The exceptionally high cell efficiency of the SCHOTT PERFORM™ MONO series ensures a high module power. Module efficiencies of up to 14.5 % are possible.

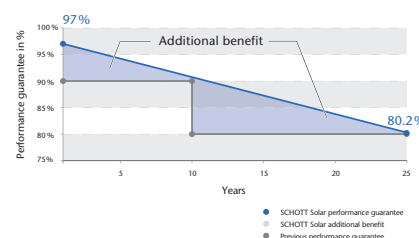
**High annual energy yield:** The particularly high module efficiency delivers optimum yields for small areas. More power per module ensures high annual energy yields.

**Positive power tolerance:** SCHOTT Solar modules achieve a positive power tolerance of the nominal rating. This ensures a high energy output.

**Elegant design:** The dark mono cells with the black Aluminum frame look aesthetically pleasing while providing excellent efficiency. Also, the elegant design reassures a high degree of security for your investment because the solid module frame secures superior torsional resistance.

**Double the required standard:** SCHOTT Solar tests its modules for twice as long as required by the IEC.

**25 years linear performance guarantee\*:** SCHOTT Solar guarantees for a period of one year from date of delivery that the module power output will be at least 97 % of the rated power output. Due to its long and successful experience in solar technology, the manufacturer guarantees from year two through year twenty five that the module power output will degrade no more than 0.7 % per year of the rated power output from the date of original sale by SCHOTT Solar. Moreover, SCHOTT Solar offers a product warranty of 10 years.



\* on the basis of the Special Terms and Conditions on Warranties and Guarantees valid at the date of purchase available on [www.schottsolar.com/performance-guarantee](http://www.schottsolar.com/performance-guarantee)



## Technical Data

### Data at standard test conditions (STC)

Module type		SCHOTT PERFORM™ MONO		
Nominal power [Wp]	$P_{mpp}$	$\geq 180$	$\geq 185$	$\geq 190$
Voltage at nominal power [V]	$U_{mpp}$	36.2	36.3	36.4
Current at nominal power [A]	$I_{mpp}$	4.97	5.10	5.22
Open-circuit voltage [V]	$U_{oc}$	44.8	45.0	45.2
Short-circuit current [A]	$I_{sc}$	5.40	5.43	5.46
Module efficiency (%)	$\eta$	13.7	14.1	14.5

STC (1,000 W/m<sup>2</sup>; AM 1.5; cell temperature 25°C)

Power tolerance (as measured by flasher): -0 W / +4.99 W

### Data at normal operating cell temperature (NOCT)

Nominal power [Wp]	$P_{mpp}$	130	134	137
Voltage at nominal power [V]	$U_{mpp}$	32.9	32.8	32.9
Open-circuit voltage [V]	$U_{oc}$	39.3	40.2	41.0
Short-circuit current [A]	$I_{sc}$	4.30	4.32	4.35
Temperature [°C]	$T_{NOCT}$	46.0	46.0	46.0

NOCT (800 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, windspeed 1 m/s, ambient temperature 20°C)

### Data at low irradiation

At a low irradiation intensity of 200 W/m<sup>2</sup> (AM 1.5 and cell temperature 25°C) 96 % of the STC module efficiency (1,000 W/m<sup>2</sup>) will be achieved.

### Temperature coefficients

Power [%/K]	$P_{mpp}$	-0.44
Open-circuit voltage [%/K]	$U_{oc}$	-0.33
Short-circuit current [%/K]	$I_{sc}$	+0.03

### Characteristic data

Solar cells per module	72
Cell type	monocrystalline (pseudo-square, 125 mm x 125 mm)
Junction box	IP65 with three bypass diodes
Connector	Tyco-Connector IP67
Dimensions junction box [mm]	110 x 115 x 25
Front panel	low iron solar glass 3.2 mm
Backside panel	foil
Frame material	anodised aluminium, black

### Dimensions and weight

Dimensions [mm]	1,620 x 810
Thickness [mm]	50
Weight [kg]	15.5

### Limits

Maximum system voltage [ $V_{DC}$ ]	1,000
Maximum reverse current $I_R$ [A]*	17
Operating module temperature [°C]	-40 ... +85
Maximum load (to IEC 61215 ed. 2)	pressure: 5,400 N/m <sup>2</sup> or 550 kg/m <sup>2</sup> suction: 5,400 N/m <sup>2</sup> or 550 kg/m <sup>2</sup>
Application classification (to IEC 61730)	A
Fire classification (to IEC 61730)	C

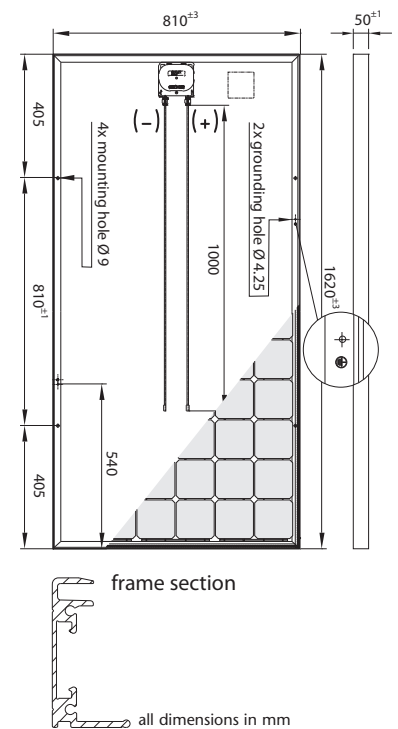
\* No external voltage in excess of  $U_{oc}$  shall be applied to the module.

### Permission and certificates

The modules are certified to IEC 61215 ed. 2 and IEC 61730, Electrical Protection Class II and the CE-guidelines. Moreover SCHOTT Solar is certified and registered to ISO 9001 and ISO 14001.

Power measurement accuracy:  $\pm 4$  %

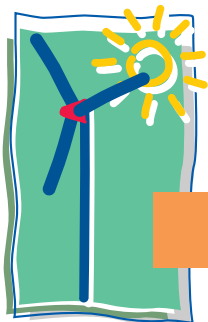
The **installation manual** contains additional information on installation and operation. SCHOTT Solar AG reserves the right to make specification changes in this datasheet without notice. All information complies with the requirements of the standard EN 50380.



**SCHOTT Solar AG**  
Hattenbergstrasse 10  
55122 Mainz  
Germany

Phone: +49 (0)6131/66-14099  
Fax: +49 (0)6131/66-14105  
solar.sales@schottsolar.com  
www.schottsolar.com

**SCHOTT**  
solar



## TUBULAR VENTED CELLS

High performance solar series in transparent container

Rural housing

Telecommunications

Buoys

Lighting/Instrumentation



Batteries with tubular positive plates have been specially designed to ensure in total safety an uninterrupted supply of energy during low sunshining periods and during the night. Their good resistance in cycling and the low water consumption permit a long life expectancy with reduced maintenance.

### FEATURES AND BENEFITS

#### RELIABILITY AND ROBUSTNESS:

- positive tubular plates diecast for longer life duration
- Lead antimony alloy limiting the self-discharge rate and optimizing the number of cycles for a long life expectancy.

#### INSTALLATION AND MAINTENANCE:

- insulated and bolted connectors
- large electrolyte reserve for yearly watering.

#### SAFETY:

- insulation of connectors and terminals ensures personnel safety
- each cell is equipped with a acidproof, flame arrestor plug.

*Notice: all cells are available in dry charged.*

#### STANDARDS:

the manufacture of this range is in fully compliance with the ISO 9001 standard.



## Tubular vented cells high performance solar series in transparent container

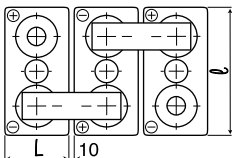
The specific lead antimony alloy used for the tubular positive plate and a **1.240 specific gravity at 25°C** at max. level provide to this range good performance and long life expectancy for energy storage in solar and wind-driven systems, and with long maintenance interval for watering.

### TECHNICAL CHARACTERISTICS PER CELL

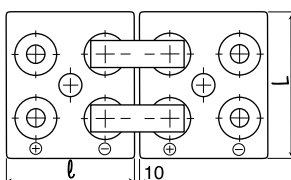
TYPE	Number of terminals	Capacity in Ah			Dimensions in mm			Weight in kg		Acid volume
		T° 25°C								
		10 h (1.80V)	120 h (1.85V)	240 h (1.85V)	Length (L)	Width (l)	Height	Dry weight	Filled weight	
TLS 3	2	180	245	256	103	206	389	11.4	16.4	4.1
TLS 4	2	220	300	313	103	206	389	13.6	18.4	3.9
TLS 5	2	270	367	383	124	206	389	16.1	22.2	4.9
TLS 6	2	323	440	460	145	206	389	18.8	26	5.8
TVS 4	2	340	460	481	124	206	505	18.5	27	6.9
TVS 5	2	390	530	554	124	206	505	21.5	29.7	6.6
TVS 6	2	470	640	669	145	206	505	24.9	34.7	7.9
TVS 7	2	550	745	778	166	206	505	28.4	39.8	9.2
TYS 5	2	590	802	838	145	206	684	29.9	43.9	11.3
TYS 6	2	670	915	956	145	206	684	34	47.7	11
TYS* 7	2	816	1 120	1 170	191	210	684	40.6	59	14.8
TYS* 8	2	900	1 220	1 275	191	210	684	44.7	62.7	14.5
TYS* 9	2	1 040	1 415	1 478	233	210	684	50.4	73.1	18.3
TYS* 10	2	1 120	1 523	1 591	233	210	684	54.5	76.8	18
TYS* 11	2	1 260	1 714	1 790	275	210	684	60.1	87.3	21.9
TYS* 12	2	1 340	1 825	1 910	275	210	684	64.2	91	21.6
TZS 11	4	1 560	2 130	2 225	275	210	829	78.8	112.9	27.5
TZS 12	4	1 710	2 335	2 440	275	210	829	84	117.6	27.1
TZS 13	6	1 940	2 640	2 758	399	214	813	97.9	147.1	39.7
TZS 14	6	2 040	2 775	2 899	399	214	813	102.5	151.7	39.6
TZS 15	6	2 150	2 925	3 056	399	214	813	108.2	156.4	38.9
TZS 16	6	2 240	3 050	3 187	399	214	813	118.3	161	38.9
TZS 17	8	2 430	3 310	3 458	487	212	813	126.2	186.3	48.5
TZS 18	8	2 555	3 480	3 636	487	212	813	131.8	191	47.8
TZS 20	8	2 800	3 810	3 981	487	212	813	141.1	200.1	47.6
TZS 22	8	3 090	4 210	4 400	576	212	813	156.2	227.8	57.7
TZS 24	8	3 360	4 580	4 785	576	212	813	167.5	237.3	56.3

All the weights and dimensions are subject to normal production tolerances.

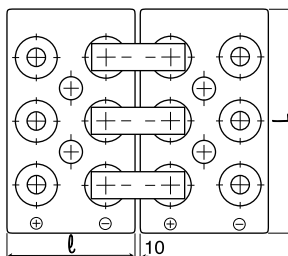
TLS 3 to TYS 6



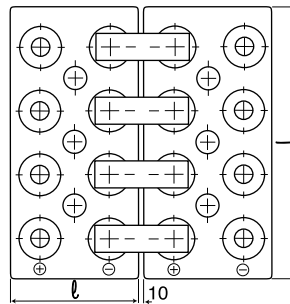
TZS 11 and TZS 12



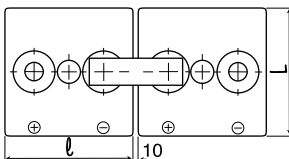
TZS 13 to TZS 16



TZS 17 to TZS 24



TYS 7 to TYS 12



## Monoblocs (12 V and 6 V) in transparent container

### TECHNICAL CHARACTERISTICS PER BLOC

TYPE	Capacity in Ah			Dimensions in mm			Weight in kg		Acid volume
	T° 25°C								
	10 h (1.80V)	120 h (1.85V)	240 h (1.85V )	Length	Width	Height	Dry weight	Filled weight	
GLS 12/60 12V	62	76	80	272	205	380	22.0	34.8	10.3
GLS12/100 12V	108	141	148	272	205	380	32.3	44.4	9.8
GLS12/150 12V	162	212	222	380	205	380	45.7	63.6	14.4
GLS 6/210 6V	216	283	296	272	205	380	30.3	43.3	10.5
GLS 6/270 6V	270	374	392	380	205	380	38.6	57.0	15.0
GLS 6/310 6V	324	424	444	380	205	380	43.8	62.2	14.8



OLDHAM FRANCE  
Rue Alexander Fleming - Z.I. Est - B.P. 962 - 62033 ARRAS Cedex  
Tél. : (33) 03 21 60 25 25 - Fax. : (33) 03 21 73 16 51  
An Invensys Company



## Xantrex™ XW

Modelos de 230 V CA/50 Hz



### Inversor/Cargador de NUEVA generación para sistemas de energía renovables y aplicaciones de alimentación de reserva

Xantrex™ presenta la nueva generación en inversores/cargadores: el Inversor/Cargador Híbrido XW, elemento central del sistema XW. El Inversor/Cargador Híbrido XW (XW) es un inversor/cargador de onda senoidal que incorpora un inversor CC/CA, un cargador de baterías y un conmutador de transferencia automática CA. Sirve de base para aplicaciones residenciales y comerciales dotadas de baterías de hasta 18 kilovatios (kW). Capaz de funcionar con conexión a red o sin ella, el XW puede funcionar con generadores y fuentes de energía renovables para suministrar alimentación continua o de reserva. Es posible instalar hasta tres inversores a fin de crear sistemas monofásicos o trifásicos con mayor capacidad.

Diseñado a partir del asesoramiento y las aportaciones de expertos del sector, distribuidores e instaladores, el XW representa el nuevo estándar en inversores/cargadores de baterías. El diseño del Inversor/Cargador Híbrido XW, que reúne las mejores características del mercado, nuevas e innovadoras funciones creadas por Xantrex y componentes avanzados, facilita y acelera la instalación. El XW ofrece alta eficiencia y una capacidad de sobrecarga transitoria incomparable que permite reducir el tiempo de recuperación de la inversión al propietario. Ningún otro inversor/cargador puede compararse al XW.

#### Características del producto

- ▶ Salida de onda senoidal verdadera
- ▶ Configuración monofásica (230 V CA) y trifásica (400/230 V CA)
- ▶ Entradas CA duales
- ▶ Es posible conectar varias unidades en paralelo
- ▶ Comunicación de red mediante XanBus™
- ▶ Excepcional capacidad de sobretensión transitoria
- ▶ Eficaz carga de baterías multietapa de alta intensidad, con corrección del factor de potencia

#### Accesorios opcionales

##### Número de pieza:

Caja de conexiones XW	865-1025
Controlador de carga solar XW	865-1030
Panel de control del sistema XW	865-1050
Arrancador automático de generadores XW	865-1060

Para más información sobre el sistema XW, visite [www.xantrex.com](http://www.xantrex.com)

### Xantrex Technology Inc.

#### Oficina central

8999 Nelson Way  
Burnaby, British Columbia  
Canadá V5A 4B5  
+1 800 670 0707 Teléfono gratuito  
+1 604 420 1591 Fax

Edificio Diagonal 2A  
C/Constitución 3, 4º, 2ª  
08960 Sant Just Desvern  
Barcelona (España)  
+34 93 470 5330 Tel  
+34 93 473 6093 Fax  
[europesales@xantrex.com](mailto:europesales@xantrex.com)

[www.xantrex.com](http://www.xantrex.com)

## Inversor/Cargador Híbrido Serie XW; modelos de 230 V CA/50 Hz

## Especificaciones eléctricas

	XW6048-230-50	XW4548-230-50	XW4024-230-50
Potencia de salida continua	6.000 W	4.500 W	4.000 W
Sobretensión transitoria	12.000 W	9.000 W	8.000 W
Intensidad de sobretensión	53 A eficaces	40 A eficaces	35 A eficaces
Forma de onda	Onda senoidal verdadera	Onda senoidal verdadera	Onda senoidal verdadera
Eficacia máxima	95,4 %	95,6 %	94,0 %
Consumo en modo inactivo o de búsqueda	< 7 W	< 7 W	< 7 W
Conexiones CA	AC1 (red), AC2 (generador)	AC1 (red), AC2 (generador)	AC1 (red), AC2 (generador)
Intervalo de tensión entrada CA (modo derivación/carga)	156 a 280 V CA (230 V nominales)	156 a 280 V CA (230 V nominales)	156 a 280 V CA (230 V nominales)
Intervalo de frecuencia entrada CA (modo derivación/carga)	40 a 68 Hz (50 Hz nominales)	40 a 68 Hz (50 Hz nominales)	40 a 68 Hz (50 Hz nominales)
Tensión de salida CA	230 V CA +/- 3%	230 V CA +/- 3%	230 V CA +/- 3%
Intensidad de transferencia máx. CA	56 A	56 A	56 A
Intensidad de salida continua CA	26,1 A	19,6 A	17,4 A
Frecuencia de salida CA	50 Hz +/- 0,1 Hz	50 Hz +/- 0,1 Hz	50 Hz +/- 0,1 Hz
Distorsión armónica total	< 5% a potencia nominal	< 5% a potencia nominal	< 5% a potencia nominal
Tiempo de transferencia típico	8 ms	8 ms	8 ms
Intensidad CC a potencia nominal	131 A	96 A	178 A
Interacción con empresa de suministro	Desactivada (por defecto), intervalo de tensión de 198 a 253 V CA, intervalo de frecuencia de CA de 49,1 a 50,9 Hz		
Intervalo de tensión entrada CC	44 a 64 V	44 a 64 V	22 a 32 V
Corriente de carga nominal	100 A	85 A	150 A
Carga con corrección de factor de potencia	FP (0,98)	FP (0,98)	FP (0,98)

## Especificaciones mecánicas

Montaje	En pared, con placa posterior incluida		
Dimensiones del inversor (A x A x F)	580 x 410 x 230 mm (23 x 16 x 9")		
Peso del inversor	57 kg (125 libras)	52 kg (115 libras)	52 kg (115 libras)
Dimensiones del embalaje	711 x 565 x 267 mm (28 x 22,25 x 10,5")		
Peso con embalaje	60 kg (132 libras)	55 kg (122 libras)	55 kg (122 libras)
Tipos de batería compatibles	Flooded, Gel, AGM, Custom (personalizada).		
Tamaño del grupo de baterías	de 100 a 10.000 Ah		
Sensor de temperatura de baterías	Incluido	Incluido	Incluido
Memoria no volátil	Sí	Sí	Sí
Indicación del panel	LED de estado que indican el estado de la entrada CA, fallos/avisos, modo de ecualización, activación/desactivación y nivel de batería en el botón de ecualización. Pantalla de tres caracteres que indican la alimentación de salida o la intensidad de carga.		
Configuración con múltiples unidades	Monofásica: hasta tres unidades en paralelo. Trifásica: 1 unidad por fase		
Sistema de comunicación	Xanbus™	Xanbus™	Xanbus™
Garantía	cinco años	cinco años	cinco años
N.º de referencia	865-1035	865-1040	865-1045

## Especificaciones medioambientales

Tipo de carcasa	IP 20 (componentes eléctricos sensibles en el interior)		
Intervalo de temperatura de funcionamiento	-25 a 70 °C	-25 a 70 °C	-25 a 70 °C

## Accesorios

Pantalla remota	El panel de control del sistema XW opcional monitoriza y configura todos los dispositivos conectados a la red Xanbus™		
Funciones para generadores	El módulo de arranque automático de generadores XW opcional se conecta a la red Xanbus™. Activa automáticamente el generador para recargar los grupos de baterías agotados o ayudar al inversor en caso de cargas pesadas.		
Caja de conexiones	La caja de conexiones XW opcional cubre la parte inferior del inversor y protege el cableado. Incluye orificios para conducciones de 20 mm (3/4"), 25 mm (1"), 32 mm (1,25"), 60 mm (2,25") y 65 mm (2,5").		
Controlador de carga solar	Controlador de Carga Solar XW opcional con seguimiento del punto de potencia máxima para almacenar toda la energía disponible del campo FV en las baterías		

## Normativas aprobadas

Marque CE conforme a las siguientes directivas y normas de la UE: Directiva EMC: EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3-2, EN61000-3-3; Directiva de baja tensión: EN50178

Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.